

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

**Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských
studií**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bezkontaktní metoda snímání deformace
plošné textilie**

2004

EVA KLÍMOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

**Bezkontaktní metoda snímání deformace
plošné textilie**

**The contactless scanning method of fabric
deformation**

Eva Klímová
KOD - 607

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

Studijní obor: 3106T005 - Oděvní technologie

Zaměření: Řízení technologických procesů

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 58

Počet obrázků: 36

Počet tabulek: 3

Počet příloh: 3

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat Doc. Dr. Ing. Zdeňkovi Kůsovi za odborné vedení a cenné rady a své rodině za podporu během celého studia.

Prohlášení:

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická Univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce.

V Liberci dne 14.5.2004

Eva Klímová

Anotace:

Deformace plošné textilie lze popsat jako narušení stálosti tvaru v ploše nebo v prostoru. Základním typem deformace v ploše je srážlivost, v prostoru pak tuhost v ohybu, splývavost a mačkavost.

Tato práce popisuje standardní metody hodnocení mačkavosti a dále předkládá návrh alternativní metody hodnocení mačkavosti plošných textilií pomocí programu Matlab. Navržená metoda stanovuje přesný tvar měřeného vzorku z hlediska 3D geometrie.

Annotation:

The deformation of fabrics should be described like a breaking of stability of shapes in surface or in space. The main type of deformation is surface shrinking and flexural rigidity, flowing and wrinkling in space.

This thesis describes the standard classification methods of wrinkling and introduces the alternative method for classification of fabrics wrinkling by software Matlab. The proposed method determines exact shape of measure sample by 3D geometry.

Použité symboly a zkratky

| | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|
| α_0 | [°] | úhel okamžitého zotavení |
| α_1 | [°] | úhel konečného zotavení |
| α_{EZ} | [°] | úhel elastického zotavení |
| α_t | [°] | zbytkový úhel |
| A/D | | analogově digitální převodník |
| AČP | | analogově číslicový převodník |
| atd. | | a tak dále |
| c | [-] | rychlostní konstanta zotavení |
| CD | | typové označení |
| ČAP | | číslicově analogový převodník |
| ε_{E0} | [-] | okamžitá elastická deformace |
| ε_{Z0} | [-] | zotavená elastická deformace |
| ε_p | [-] | plastická deformace |
| F_p | [N] | tlaková síla |
| G | [N] | tíha |
| h_0 | [mm] | výška původního vzorku |
| He | | helium |
| h_z | [mm] | zotavená výška vzorku |
| IRC | | Inkrementální snímač |
| l_0 | [mm] | půvosní délka vzorku |
| l_p | [mm] | délka přehybu |
| l_z | [mm] | zotavená délka |
| λ | [-] | krok |
| m | [kg] | hmotnost |
| M | [%] | mačkavost |
| MUX | | multiplexor |
| Ne | | neon |
| Obr. | | obrázek |
| ω | [°] | úhel osvětlení lampou |
| PC | | osobní počítač |
| ρ_s | [kg.m ⁻²] | plošná hmotnost |
| RS232 | | sériové rozhraní |
| S/H | | vzorkovací obvod |
| t | [min] | čas |
| t_0 | [min] | čas odlehčení |
| t_1 | [min] | doba ustálení |
| t_z | [h] | doba zátěže |
| Tab. | | tabulka |
| tzn. | | to znamená |
| Z | [%] | zotavení |

Obsah:

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Úvod..... | 9 |
| 2. | Obecné deformace | 10 |
| 2.1. | Srážlivost | 10 |
| 2.2. | Tuhost v ohybu | 11 |
| 2.3. | Splývavost..... | 11 |
| 2.4. | Mačkavost..... | 11 |
| 3. | Mačkavost..... | 12 |
| 3.1. | Co je to mačkavost..... | 12 |
| 3.2. | Faktory ovlivňující mačkavost..... | 12 |
| 3.2.1. | Vliv klimatických podmínek | 12 |
| 3.2.2. | Vliv stavby a chemických vlastností vláken..... | 13 |
| 3.2.3. | Vliv tvaru a jemnosti vláken | 14 |
| 3.2.4. | Vliv zaplnění textilie..... | 14 |
| 3.2.5. | Vliv příze | 14 |
| 3.2.6. | Vliv konstrukce plošné textilie | 15 |
| 3.2.7. | Vliv směru , ve kterém mačkavost měříme | 15 |
| 3.3. | Prostorové deformace a jejich zotavení | 16 |
| 3.4. | Způsoby zabránění mačkavosti..... | 17 |
| 3.4.1. | Nemačková úprava..... | 17 |
| 3.4.2. | Nežehlivá úprava | 18 |
| 4. | Metody hodnocení mačkavosti | 19 |
| 4.1. | Rozdělení metod mačkavosti | 19 |
| 4.2. | Měření změny délky | 20 |
| 4.2.1. | EMPA – metoda skládaného proužku | 20 |
| 4.2.2. | AKU – metoda válcového vzorku | 21 |
| 4.3. | Měření úhlu zotavení | 22 |
| 4.3.1. | UMAK – zkouška přehnutého proužku | 22 |
| 4.3.2. | Žiletková metoda | 23 |
| 4.3.3. | Stříšková metoda..... | 24 |
| 4.3.4. | Zjišťování mačkavosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení..... | 25 |
| 4.4. | Hodnocení vzhledu | 27 |
| 4.4.1. | Trubičková metoda | 27 |
| 4.4.2. | Stanovení mačkavosti pomocí dutého válce | 27 |
| 4.4.3. | AKU – metoda válcového vzorku | 29 |
| 4.4.4. | Protéza | 30 |
| 4.4.5. | Hodnocení mačkavosti po praní | 31 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4.6. | Zkoušky nošením | 31 |
| 4.5. | Speciální metody | 32 |
| 4.5.1. | Dupon – metoda pro nemačkové úpravy | 32 |
| 4.5.2. | Přístroj IN – 2 | 32 |
| 4.5.3. | Měření úhlu zotavení vlněných tkanin..... | 34 |
| 4.5.4. | Měření mačkovosti na vzorovaných textiliích | 35 |
| 4.5.5. | Zjišťování mačkovosti pomocí světelného toku | 36 |
| 5. | Návrh alternativní metody pro měření mačkovosti..... | 37 |
| 5.1. | Uspořádání měřicího zařízení | 37 |
| 5.1.1. | Multifunkční karty | 37 |
| 5.1.2. | Svorkovnice | 39 |
| 5.1.3. | Krokové motory | 39 |
| 5.1.4. | Desky pro řízení krokových motorů | 41 |
| 5.1.5. | Snímač polohy a posuvu | 42 |
| 5.1.6. | Mikrospínače | 44 |
| 5.1.7. | Snímač vzdálenosti | 45 |
| 5.1.8. | Lineární vedení | 46 |
| 5.2. | Nastavení jednotlivých součástí měřicího zařízení..... | 47 |
| 5.2.1. | Možnosti řídicích jednotek pro řízení krokových motorů | 47 |
| 5.2.2. | Uživatelské vstupy a výstupy | 47 |
| 5.2.3. | Sériová komunikace..... | 48 |
| 5.2.4. | Kalibrace laserového snímače | 48 |
| 5.3. | Softwarové vybavení | 49 |
| 5.3.1. | Programové prostředí Matlab 6.5 | 49 |
| 5.3.2. | Hlavní řídicí program..... | 49 |
| 5.3.3. | Program pro řídicí jednotky | 49 |
| 5.3.4. | Simulace pro snímání jednotlivých veličin..... | 50 |
| 5.3.5. | Zpracování naměřených dat..... | 51 |
| 5.3.6. | Úprava dat filtrováním..... | 52 |
| 5.4. | Ověření funkce navrženého měřicího zařízení | 52 |
| 5.4.1. | Snímání přesně definovaného předmětu | 52 |
| 5.4.2. | Snímání zmačkané textilie | 53 |
| 5.4.3. | Postup při měření | 55 |
| 5.5. | Doporučení pro další vývoj..... | 55 |
| 6. | Závěr | 56 |
| | Seznam použité literatury | 57 |

1. Úvod

Charakter textilních materiálů je dán řadou vlastností, které se navzájem ovlivňují. Jsou to vlastnosti vláken a přízí, geometrické, mechanické, fyziologické a estetické vlastnosti.

U textilií, které se používají k odívání lidského těla, je kladen důraz především na fyziologický komfort, funkčnost a v neposlední řadě na estetický vzhled.

Pro správný výsledný efekt, je důležité udržet mezi všemi vlastnostmi harmonii. To znamená udržet je v daných mezích. Určit však hranice některých z nich není příliš snadné. Ne každou vlastnost lze srovnávat čísla podle tabulek, abychom zjistili přesnou kategorii, do které můžeme výrobek dle výsledku zařadit. Některé vlastnosti jako je například vzhled, omak, hřejivost apod. můžeme pouze srovnávat různými metodami za pomoci etalonů. Tyto jsou však závislé na názoru člověka, který je určuje.

Jedna z takto posuzovaných vlastností je i mačkavost. Většina standardních metod ji popisuje pomocí měření geometrických změn při uspořádaném pomačkání vzorku či subjektivního hodnocení při neuspořádaném pomačkání vzorku. Ani jedna z těchto metod však není schopná objektivně zhodnotit mačkavost jako vlastnost.

Ideální by byl jakýsi dokonalý matematický model který by ošetřoval nejen veškeré materiálové vlastnosti textilie, ale i vazby tkanin či pletenin, speciální úpravy atd. Měření by tak mohla být objektivní a přesná.

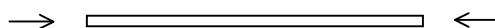
Cílem této diplomové práce je návrh alternativní metody hodnocení deformací plošných textilií, zejména mačkavosti, která nedostatky standardních metod odstraní a poskytne komplexní informace o vlastnostech a chování zmačkané textilie z hlediska 3D geometrie.

2. Obecné deformace

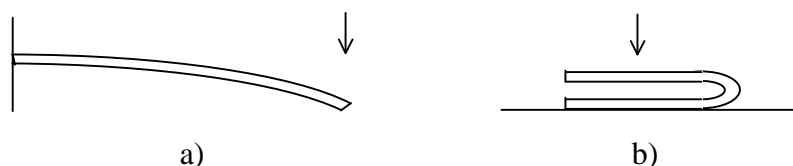
Deformace plošných textilií je v podstatě narušení stálosti tvaru. Tyto změny mohou nastat buďto v ploše (v rovině), nebo v prostoru. Ve většině případů se však jedná o kombinaci těchto základních typů.

K deformacím dochází působením vnějších i vnitřních sil. V zásadě je aplikováno působení těchto sil ve všech směrech, což má následky ve změně tvaru plošné textilie.

Těmito tvarovými změnami, se mění nejen základní parametry, ale i ostatní reprezentační znaky oděvu. Dále k tomu přispívá tělesná teplota a vlhkost - tzn. fyziologický faktor, který zvýrazňuje prostý silový účinek.



Obr.1.: Deformace v rovině - srážlivost



Obr.2.: Deformace v prostoru

- a) tuhost v ohybu, splývavost
- b) mačkavost

2.1. Srážlivost

Srážlivost je charakteristická změnami rozměrů v ploše, ke kterým dochází následkem vnějšího fyzikálního vlivu jako je například teplo, vlhkost, voda apod. který vyvolal vznik vnitřních sil. Tyto vznikají již ve struktuře vlákna, kde teplo a vlhkost způsobuje změnu rozmístění a velikost vazeb, což způsobuje změnu tvaru vlákna, která se projevuje zkrácením nití a nakonec i zmenšením plochy plošné textilie. S ohledem na strukturu vazby rozlišujeme změny ve dvou na sebe kolmých směrech. A to ve směru osnovy a útku, nebo sloupku a řádku.

Vyhodnocení srážlivosti se vyjadřuje relativní změnou délky v obou směrech.

2.2. Tuhost v ohybu

Jednoduše by se tuhost v ohybu dala popsat jako odpor proti pohybu. Tento může být způsoben vnějšími silami, nebo vlastní tíhou. Vzniklý odpor je součtem všech třecích a soudržných sil, které při ohybu vznikají mezi vlákny a mezi nitěmi ve vazných bodech. Z toho vyplývá, že tkaniny s vyšší dostavou a pleteniny s vyšší hustotou budou dosahovat vyšší hodnoty tuhosti.

Ke zjišťování tuhosti v ohybu jsou používány dvě skupiny metod - statické a dynamické. Statické metody jsou vhodné, pokud potřebujeme zjistit hodnotu okamžité tuhosti plošné textilie. Je charakteristikou stavu daného materiálu. Naopak k posouzení únavy materiálu při opakovaném namáhání plošné textilie na ohyb jsou vhodnější metody dynamické.

2.3. Splývavost

O splývavosti lze říci, že je opakem tuhosti. Je souhrnem vlastností plošné textilie, jako vláčnost, poddajnost a ohýbavost. Vyjadřuje se poměrem rozdílů mezi plochou zkoušených vzorků a průměrnou plochou průmětů zkoušených vzorků k ploše mezikruží – k ploše vzorku způsobilé ke splývání. Splývavost se vyjadřuje koeficientem splývavosti v procentech.

2.4. Mačkavost

Mačkavost spolu s tuhostí a splývavostí tvoří základní trojici vlastností popisujících stálost tvaru plošných textilií. K jejím účinkům dochází až po přehnutí – tedy překonání tuhosti. To znamená, že mačkavost je jakási neschopnost textilie překonat tento odpor.

Její přesnější specifikaci se budeme zabývat v následujících kapitolách.

[1, 2, 3]

3. Mačkavost

Mačkavost nebo také někdy uvádíme nemačkavost (chceme aby se textilie nemačkala) patří mezi reprezentativní vlastnosti. Při její vysoké hodnotě bude narušen nejen vzhled, který nás upoutá již na první pohled, ale i její celková užitná hodnota. Proto se jej snažíme minimalizovat.

Opačný přístup však může nastat, pokud nám nadměrnou a takřka pravidelnou mačkavost textilie diktují módní trendy.

3.1. Co je to mačkavost

Mačkavost textilií je jednak schopnost vyrovnávat dočasné deformace textilií po zmačkání., současně je však i vyjádřením stálosti zmačkaného tvaru textilie.

K mačkavosti dochází až po přehnutí - čímž překonáme tuhost - a zatížení textilie.

Vzniknou elastické a plastické deformace. Elastická složka deformace v průběhu času zaniká. [2, 4]

3.2. Faktory ovlivňující mačkavost

Schopnost textilie vyrovnat dočasné deformace pomačkání je závislá na jednotlivých druzích textilních materiálů, mechanicko-fyzikálních vlastnostech vláken, na jejich morfologii a chemických vlastnostech. Nemůžeme však vynechat ani konstrukci zkoušené textilie, její geometrické parametry, nebo klimatické podmínky ve kterých se textilie zkouší. Některé z těchto faktorů jsou dále podrobněji rozepsány.

3.2.1. Vliv klimatických podmínek

Při provádění zkoušení textilií, jsou požadovány normální podmínky. Důvodem je, že by měření mohlo být neobjektivní.

Zvýšení vlhkosti a tepla má znatelný vliv na chování vláken. Zejména můžeme pozorovat změny u hodnot pevnosti, pružnosti, tuhosti atd.

Protože však tyto dílčí hodnoty ovlivňují i mačkavost, není příliš složité dokázat, že čím vyšší je hodnota vlhkosti a teploty, tím více se bude textilie mačkat.

3.2.2. Vliv stavby a chemických vlastností vláken

Při porovnávání mačkavosti jednotlivých textilních materiálů se zjistilo, že mačkavost se zvyšuje v tomto pořadí:

- 1) vlna – nejnižší mačkavost
- 2) přírodní hedvábí
- 3) acetátové vlákno
- 4) viskóзовé vlákno
- 5) bavlna
- 6) len – nejvyšší mačkavost

Budeme-li pátrat po důvodu, proč tomu tak je, zjistíme, že mačkavost souvisí se strukturou a morfologickou stavbou vlákna.

Šupinatý střechovitě uspořádaný povrch a jádro *vlněného* vlákna, které je tvořeno z podlouhlých zploštělých buněk, dodávají vláknu charakterickou pružnost a ohebnost. Typickou pružnost vlněných vláken způsobují šroubovitě uspořádané molekuly v prostoru.

Naopak *přírodní hedvábí*, které lze považovat prakticky za nemačkové má od vlny odlišnou strukturu. Vlákno se skládá z fibroinu a z bílkovin. Fibroinový řetězec nevykazuje takovou pružnost jako keratin u vlny. Důvodem nemačkovosti je však neorientovaná povrchová vrstva.

U regenerovaných nebo modifikovaných *celulózových materiálů* mají vlákna uspořádanější strukturu. Vnější orientace micel a těsnější uspořádání zvyšuje mačkavost. Dlouhé postranní řetězce keratinu u vlny brání těsnému uložení a tvorbě krystalitů, zatím co síly působící v těsném uspořádání nerozvětvených molekul celulózy, omezují volnost pohybu.

Bavlna obsahuje značné množství intermicelárních kapilár, které způsobují mačkavost.

Lněná vlákna jsou v podstatě tvořena celými shluky jednotlivých vláken. Jejich vnitřní morfologická stavba způsobuje vysokou mačkavost. [6, 7]

3.2.3. Vliv tvaru a jemnosti vláken

Velký vliv na míru mačkavosti má samozřejmě i podíl krystalického a amorfního podílu ve vláknech a jejich vzájemné uspořádání.

Vlákno s povrchovým uspořádáním amorfního podílu a dobrou orientací v jádře se vyznačují zlepšenou pružností a ohebností. Určitý vliv na mačkavosti má i tvar a jemnost vláken.

Vlákna s příčným kruhovým průřezem mají na rozdíl od vláken s eliptickým, ledvinovým, hvězdicovým, nebo nepravidelným průřezem menší sklon k mačkání.

Sledováním vlivu jemnosti vláken na mačkavost se zjistilo, že čím je vlákno hrubší, tím je elastičtější.

3.2.4. Vliv zaplnění textilie

Mačkavější jsou extrémně zaplněné tkaniny a pleteniny, protože v nich působí větší kontaktní síly mezi vlákny.

Za mačkavost je odpovědná viskózní a třecí složka deformace (vnitřní tření)

Vnitřní tření:

Obecně u textilií platí, že mechanická energie se mění na tepelnou. A to jednak na povrchu v místě kontaktu vzájemně se posouvajících těles, ale i uvnitř textilie samotné. K přeměně energie tedy dochází

- a) Tření mezi vlákny v niti
- b) Tření uvnitř vláken viskózními a plastickými složkami deformace vláken

Vnitřní tření se uplatňuje i při prakticky jakékoliv deformaci textilií. [7]

3.2.5. Vliv příze

Dalším z předpokladů pro dobrou odolnost textilie proti mačkání je správně zvolený charakter příze, která je použita k výrobě plošné textilie.

Hrubé příze se nemohou tolik ohnout jako příze jemné, proto jsou vhodnější příze hrubší. Nevznikají v nich tak vysoká napětí po dobu deformace. Velikost napětí

ovlivňuje také možnost volného pohybu vláken mezi sebou. Tento pohyb, je ovlivněn zákrutem příze.

Pro zákrut všeobecně platí, že chceme-li zlepšovat zotavovací schopnost příze, musíme volit optimální zákrut. Závislost mezi mačkavostí a zákrutem je taková, že čím větší zákrut zvolíme, tím vyšší mačkavosti dosahujeme.

3.2.6. Vliv konstrukce plošné textilie

Vazbou získáme pro plošné textilie určité charakteristické vlastnosti. Udává se, že čím je komplikovanější vazba, tím se textilie méně mačká.

Taktéž víme, že pleteniny se mačkají méně než tkaniny.

Textilie počesané a s vlasem působí méně mačkavě, neboť jednotlivé záhyby a nerovnosti vhodně tlumí vyrovnávající vzhled textilie.

Také při pestrobarevném vyplnění plochy jsou záhyby méně zřetelné, než u textilií jednobarevných.

3.2.7. Vliv směru , ve kterém mačkavost měříme

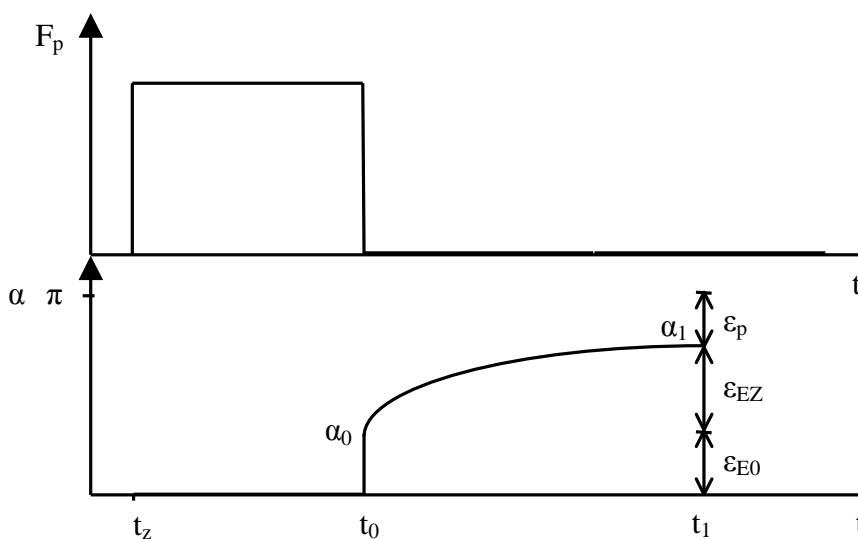
Bylo zjištěno, že tkaniny se stejnou dostavou po osnově i po útku mají větší skony k mačkavosti po osnově než po útku. [5]

3.3. Prostorové deformace a jejich zotavení

Základní teorie o prostorových deformacích a jejich zotavení vychází z následující simulace.

Přeložený proužek textilie je zatížen tlakovou silou F_p vytvořenou závažím o hmotnosti m v čase t_z a v době t_o je odlehčen. Zatížením se v textilií díky působení vnějších sil vlákna ohýbají a následkem toho se vazebně přestaví jejich vnitřní struktura. Tento jev se odráží nejen na nitích, ale i v celé plošné textilií, ve které dojde k deformaci. Po odlehčení se proužek částečně vrátí na hodnotu α_0 , která určuje okamžitou elastickou deformaci ε_{E0} . Od tohoto okamžiku počítáme zotavovací čas t_0 , který končí v okamžiku, když α_1 je konstantní – v čase t_1 .

Rozdíl $(\alpha_1 - \alpha_0)$ definujeme jako úhel elastického zotavení α_{EZ} , který odpovídá elastické deformaci ε_{EZ} . Zbytkový úhel $\alpha_p = (\pi - \alpha_1)$ je úhlem, který na textilií zůstal a který je charakterizován jako plastická deformace. [2]



Obr.3. Časový režim zatížení a odlehčení proužku textilie

Průběh křivky zotavení α_t představuje obnovovací schopnost textilie zaujmout původní tvar. Úhel zotavení lze získat pomocí vztahů:

$$\alpha_t = \alpha_0 (10^2 t)^c, \quad (1)$$

kde t je čas, c rychlostní konstanta zotavení.

Úhel po okamžitém odlehčení α_o získáme:

$$\log \alpha_o = \log \alpha_{60} - 3,5 \log \frac{\alpha_{60}}{\alpha_5} . \quad (2)$$

Zotavovací čas τ [h], jehož je zapotřebí pro úplné zotavení, lze získat pomocí vztahu:

$$\tau = \frac{\sqrt[3]{\frac{180}{\alpha_o}}}{6 \cdot 10^3} . \quad (3)$$

3.4. Způsoby zabránění mačkavosti

Zlepšení některých užitných vlastností dosahujeme pomocí vybraných chemických, fyzikálních, nebo mechanických postupů které používáme k závěrečným úpravám. Souhrnně tyto nazýváme finální úpravy.

Podle dosažené vlastnosti se finální úpravy dělní na

- a) *Vzhledové* – česání, postřihování, broušení, kalandrování, atd.
- b) *Omakové* – měkčící, tužící, plnicí
- c) *Stabilizační* – nesráživé, nemačkové, nežehlivé, neplstivé, atd.
- d) *Ochranné* – hydrofobní, oleofobní, nešpinivé, nehořlavé, atd.

Mačkavosti se bezprostředně týkají úpravy z kategorie stabilizační. A to především úprava nemačková a nežehlivá. [8]

3.4.1. Nemačková úprava

Tato úprava se provádí u celulóзовých materiálů. Jejím účelem je zvýšení elastických modulů vláken. Textilie s touto úpravou jsou schopny rychlého zotavení během nošení a vyrovnání vzniklých lomů.

Snížení mačkavosti vyžaduje tvorbu vazeb síťovacího prostředku s –OH skupinami celulózy. Podle jejich vlastností a samotného síťování je lze rozdělit:

- a) *Samosíťující prostředky* – difundují do mezikrystalických prostorů vlákna, která během kondenzace reagují sama se sebou (dnes se moc nepoužívají)

- b) *Reaktanty* – difundují do vlákna, reagují s –OH skupinami celulózy. Omezuje se vzájemné posouvání řetězců celulózy, což zlepšuje schopnost zotavení vláken a rozměrovou stálost.

Podle obsahu vlhkosti při úpravě materiálu rozlišujeme síťování:

- a) *Za mokra* – nežehlivá úprava
- b) *Za sucha* – nemačková úprava

Postup úpravy za sucha:

Klocování → sušení → kondenzace zboží.

Touto úpravou lze dosáhnout vysokého úhlu zotavení za sucha, dobré schopnosti zotavení za mokra a výborné rozměrové a tvarové stálosti. [8]

3.4.2. Nežehlivá úprava

Podstatou této úpravy je zesíťování celulózy. To znamená vytvoření pevných kovalentních vazeb mezi makromolekulárními řetězci celulózy. Tím se zamezí posuvu řetězců a tudíž i mačkovosti bavlněných vláken. Nežehlivá úprava se na rozdíl od nemačkové provádí za mokra. [8]

4. Metody hodnocení mačkavosti

Vlastní měření mačkavosti a její číselné vyjádření je stále ještě ve vývoji, protože ani jedna z mnoha používaných zkušebních metod a přístrojů plně nevystihuje namáhání, kterému je textilie vystavena při praktickém nošení. Přesto nám dosavadní metody dovolují přesně vyčíslit reálné rozdíly mačkavosti u různých textilií.

4.1. Rozdělení metod mačkavosti

Současné metody pro stanovení mačkavosti plošné textilie můžeme rozdělit do dvou skupin, podle stlačení vzorku textilie při zatížení:

- a) neuspořádané stlačení
- b) uspořádané stlačení

Neuspořádané stlačení simuluje skutečný charakter pomačkání, vznikající při nošení oděvního výrobku. Zde však v současnosti není vytvořen princip, který by byl schopen přesného vyhodnocení mačkavosti. Mačkavost se většinou vyhodnocuje porovnáním pomačkaného vzorku s etalonem.

Uspořádané stlačení je charakteristické tím, že všechny metody zahrnují tyto etapy:

- 1) složení vzorků tak, že jejich dotykové části jsou otočeny o 180°
- 2) na složený vzorek se působí určitý čas stálým tlakem
- 3) odlehčení vzorku
- 4) vyhodnocení vzorku po určitém čase

Metody můžeme také rozdělit podle měřené veličiny:

- 1) měření změny délky
- 2) měření úhlu zotavení
- 3) hodnocení vzhledu
- 4) speciální metody

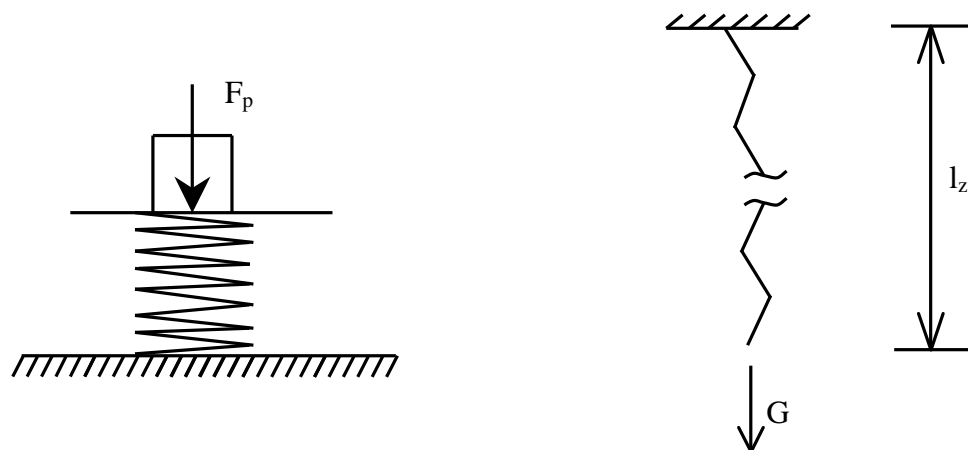
Do každé skupiny lze zařadit mnoho různých přístrojů a způsobů měření. Nejrozšířenější skupinou jsou metody měření úhlu zotavení. V dnešní době však dosahuje vysokého pokroku i skupina speciálních metod, které jsou založeny převážně na opticko-elektrickém principu. [5]

4.2. Měření změny délky

4.2.1. EMPA – metoda skládaného proužku

Tato metoda je simulací zotavení šatu a oděvů na ramínku.

Podstatou zkoušky je proužek textilie o rozměrech 220 x 50 mm, který je přehýbán formou skládačky a zatížen.



Obr.4.: Zjištění mačkovosti metodou skládačky

Po odlehčení je jedním koncem zavěšen a v čase t je změřena jeho vertikální zotavená délka l_z . Vyrovnávání proužku napomáhá vlastní tíha vzorku G . [2]

Vyhodnocení zotavení Z [%] je dáno vztahem:

$$Z = \frac{l_0 - l_z}{l_0} 10^2, \quad (4)$$

kde l_0 je původní délka vzorku a l_z zotavená délka vzorku.

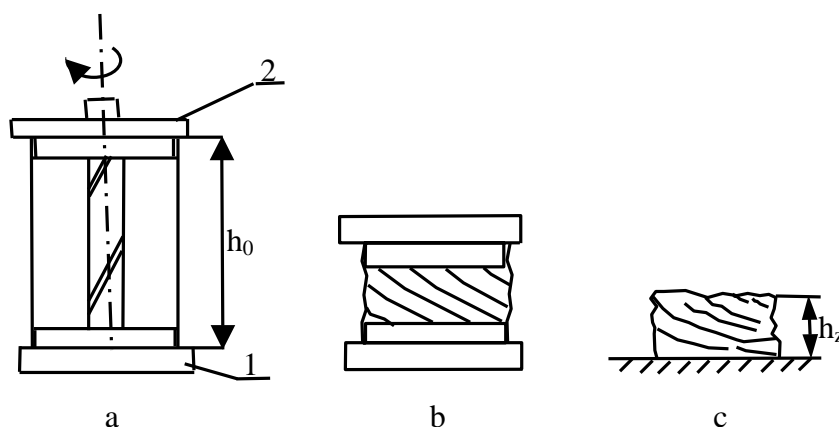
Krom toho můžeme hodnotit ještě úhel zotavení α . Pro ten platí vztah: [2]

$$\cos \alpha = \frac{l_z}{l_0}. \quad (5)$$

4.2.2. AKU – metoda válcového vzorku

Tato metoda měření mačkavosti je určena pro pleteniny, u kterých není z důvodů stáčení krajů možno přesně stanovit úhel zotavení.

Metoda používá vzorku tvaru válce (sešitý, nebo vyrobený ve tvaru hadice). Vzorek je upevněn v podstavě do speciální kruhové čelisti (1) (Obr.5 a) a jeho horní část do čelisti stejného typu (2) (Obr.5 a). Mezi čelistmi je vodícím zařízením vymezena vzdálenost h_0 , která já zároveň výškou vzorku. Horní čelist je po odaretování spuštěna dolů se současným pootočením a mačká upnutý vzorek do tvaru šroubovice (Obr.5 b).



Obr.5.: Měření mačkavosti metodou AKU

Horní čelist zároveň vykonává funkci závaží. Po odlehčení se vzorek vyjme a měří se jeho výška po definované době zotavení h_z (Obr.3 c). Výslednou hodnotou je zotavení Z [%], dané vztahem: [1]

$$Z = \frac{h_z}{h_0} 10^2. \quad (6)$$

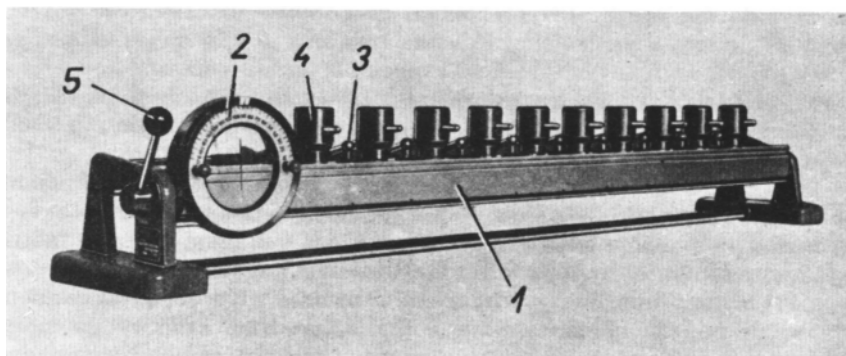
4.3. Měření úhlu zotavení

Úhel zotavení je definován jako míra mačkovosti plošné textilie. Je to úhel svíraný dvěma rameny proužku plošné textilie, vytvořený po zatížení přeloženého proužku a po jeho odlehčení.

4.3.1. UMAK – zkouška přehnutého proužku

Tato metoda je doposud nejběžnější metodou pro měření mačkovosti. Tento přístroj umožňuje měření v sérii bez přenášení vzorků.

Měří se 20 klimatizovaných vzorků – 10 podélného směru a 10 příčného směru o velikosti 50 x 20 mm, z nichž vždy 5 vzorků lícem na vnější straně a 5 vzorků na vnitřní straně záhybu.



Obr.6.: Přístroj na měření mačkovosti Umak
1–základní nosník; 2–pojízdná měřící hlava;
3–odpružený knoflík; 4 – závaží; 5 – ruční páka

Proužky textilie se přeloží a upnou do čelistí měřicího přístroje, kde jsou zatíženy hmotností 1000 g po dobu 60 minut. Délku přehybu určujeme dle plošné hmotnosti textilie (Tab.1.)

| | | | |
|--------------------------------|------------|-----------|------------|
| l_p [mm] | 5 | 10 | 15 |
| ρ_s [kg m ⁻²] | $\leq 0,1$ | 0,1 – 0,5 | $\geq 0,5$ |

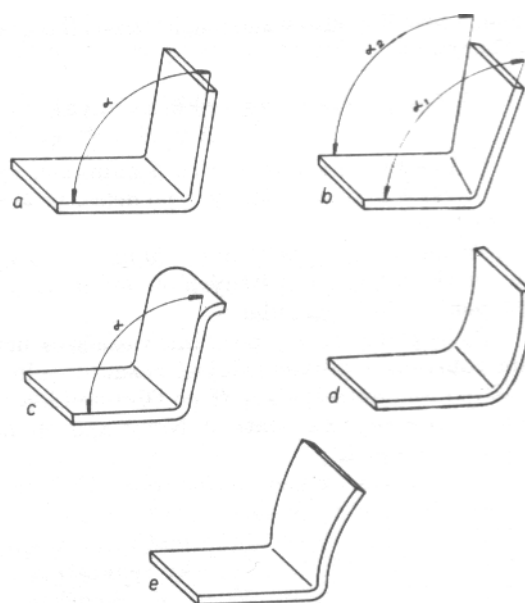
Tab.1.: Délka přeložení vzorku

Po odstranění závaží měříme úhel zotavení po 5 minutách (úhel okamžité deformace) a dále pak po 60 minutách (úhel trvalé deformace).

Měření úhlu zotavení provádíme mezi vodorovnou základnou a volným ramenem pomocí pojízdné měřící hlavy. Proužek po zotavení může mít různý tvar i sklon.

Proto se odečítá jak na předním, tak na zadním kraji zkoušeného vzorku a zapisují se průměrné hodnoty. Měřené vzorky mohou mít jeden z pěti základních tvarů:[9]

- a) Rameno je rovné a má stejný sklon vpředu i vzadu (Obr.7.a)
- b) Rameno je rovné, ale má vpředu jiný sklon než vzadu (Obr.7.b)
- c) Rameno je částečně rovné a částečně zahnuté (Obr.7.c)
- d) Rameno je vyduuté (Obr.7.d)
- e) Rameno je vypuklé (Obr.7.e)



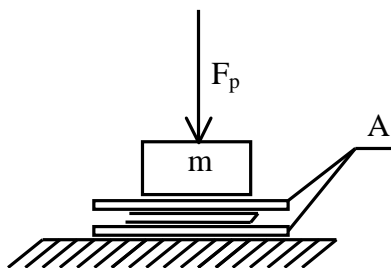
Obr.7.: Základní tvary úhlu zotavení α

4.3.2. Žiletková metoda

Je vhodná metoda pro zkoušení mačkovosti bavlněných tkanin.

Zkouška se provádí na zkušebním přístroji UNET. Lze ji provádět buď za mokra nebo za sucha. Zkouší se vždy 10 vzorků o rozměrech 20 x 10 mm. Přičemž vzorky musí obsahovat co nejvíce osnovních a útkových nití. Připraví se 10 vzorků po osnově a 10 po útku, z toho se 5 vzorků po osnově a 5 po útku zkouší za sucha a 5 za mokra.

Při zkoušení mačkovosti za sucha se vzorky přeloží přesně v půli po niti, vloží mezi dvě skleněné destičky (A) a zatíží závažím o hmotnosti $m = 500$ g (Obr.8.).



Obr.8.: Princip měření

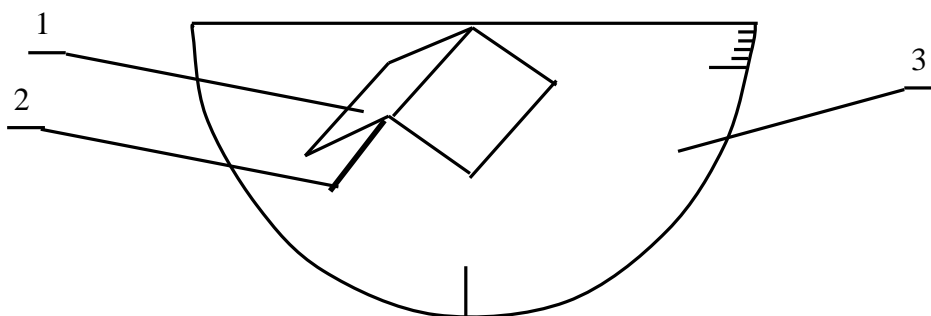
Po 15 minutách zatížení se vzorky zavěsí na břity a po čase $t = 5$ min se odečte úhel zotavení za sucha pomocí otočného úhломěru.

Při zkoušení mačkovosti za mokra se vzorky 5 minut smáčejí v destilované vodě, která obsahuje I [g/l] smáčecího prostředku. Pak se vzorky přenesou na skleněnou desku, přeloží v polovině po niti a zatíží závažím o dané hmotnosti. Po 3 minutách se vzorky odlehčí a deska se vzorky se postaví do svislé polohy tak, aby hrany přeložení byly vodorovné. Jestliže nedojde k odlepení přeložených ramen je třeba tak opatrně provést pinzetou. Vzorky se nechají 3 minuty zotavit a pak se měří úhel zotavení za mokra. [3, 10]

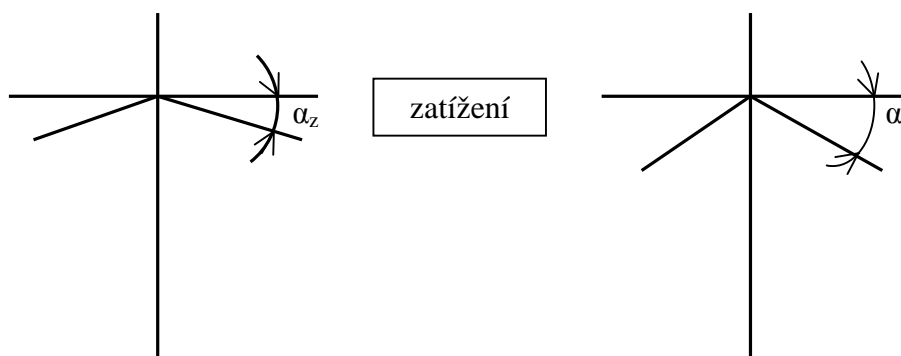
4.3.3. Stříšková metoda

Tato metoda se používá pro úplné vyloučení gravitačního vlivu.

Vzorek ve tvaru proužku se v polovině umístí na trn. Před přehnutím se odečte základní úhel α_z který charakterizuje tuhost. Poté následuje zatížení přehybu a nakonec se vzorek přemístí na odečítací zařízení kde se odečte úhel zotavení α_t v čase t .



Obr.9.: Odečítání úhlu u stříškové metody
1-přehnutý proužek; 2-závěsný trn; 3-odečítací stupnice



Obr.10.: Režim zatížení pro stříškovou metodu

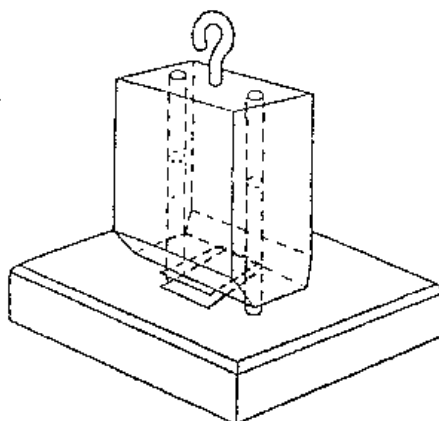
Mačkavost se vyhodnocuje údajem M [%], který je dán vztahem: [2]

$$M = \frac{\alpha - \alpha_z}{\pi / 2 - \alpha_z} 10^2. \quad (7)$$

4.3.4. Zjišťování mačkavosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení

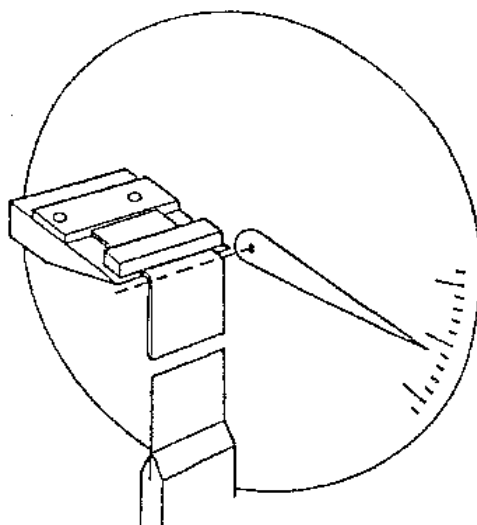
K měření touto metodou se používá 20 vzorků o rozměrech 40 x 15 mm, z čehož u poloviny vzorků je kratší strana rovnoběžná se směrem osnovy u tkaniny nebo se sloupkem u pleteniny a u druhé poloviny je kratší strana rovnoběžná se směrem útku u tkaniny, nebo se směrem sloupku u pleteniny.

Konce zkušebního vzorku se položí na sebe a drží se pinzetou ve vzdálenosti maximálně 5 mm od konců. Mají-li povrchy zkušebních vzorků sklon lpět na sobě, vloží se mezi jejich ramena list papíru nebo kovová fólie.



Obr.11.: Zařízení s vertikálním vedením pro zatížení vzorku

Vzorek se umístí na spodní desku zatěžovacího zařízení a bezprostředně se zatíží na 5 minut. Polovina vzorků se přeloží lícni stranou na sebe, zbývající polovina rubovou stranou na sebe. Po uplynulé době zatížení se vzorek opatrně přemístí do držáku vzorku zkušebního přístroje. Po dobu, kdy je zkušební vzorek v držáku se zkušební přístroj nastavuje tak, aby volné rameno bylo stále ve svislé poloze. Úhel zotavení se odečítá po 5 minutách. Pokud se volné rameno zkušebního vzorku kroutí, použije se pro odečtení úhlu zotavení svislá rovina, která prochází středem ramene a osou kruhové stupnice.



Obr.12.: Přístroj pro měření úhlu zotavení

Pro vyhodnocení zkoušky se vypočítá aritmetický průměr pro následující případy. [11]

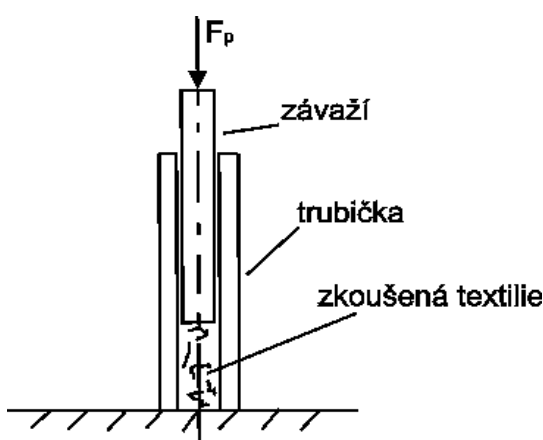
- 1) Sklad příčně ke směru délky (osnovy)
 - a) Líc na líc vzorku
 - b) Rub na rub vzorku
- 2) Sklad příčně k příčnému směru (útku)
 - c) Líc na líc vzorku
 - d) Rub na rub vzorku

4.4. Hodnocení vzhledu

4.4.1. Trubičková metoda

Pro tuto metodu zkoušení mačkavosti se používají vzorky o rozměrech 100 x 100 mm. Vzorek se diagonálně stočí lícni stranou dovnitř a vloží do trubičky, ve které se zatíží na dobu 30 minut tyčí o hmotnosti 1000 g.

Po vyjmutí textilie z trubičky se postupně odečítají hodnoty po 1 minutě, 5 minutách, 60 minutách a 24 hodinách. Vyhodnocení spočívá v porovnávání vzhledu s příslušnými etalony. [3, 10]

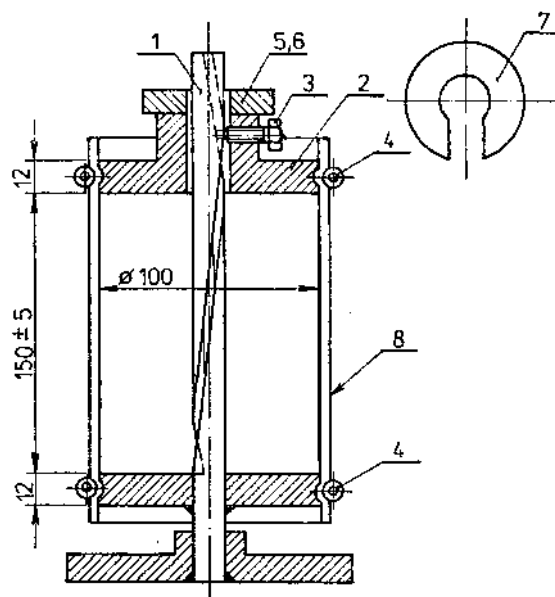


Obr.13.: Měřicí přístroj pro trubičkovou metodu

4.4.2. Stanovení mačkavosti pomocí dutého válce

Metoda spočívá ve stanovení odolnosti proti tvoření skladů a lomů vlivem působení zatížení na elementární vzorek plošné textilie svinut do tvaru dutého válce a hodnocení jeho vnějšího vzhledu porovnáváním s trojrozměrnými etalony.

Z jednotlivého vzorku se odeberou nejméně 2 vzorky v podélném a 2 v příčném směru o rozměrech 325 x 200 mm. Kratší strany elementárních vzorků musí být rovnoběžné se zkoušeným směrem plošné textilie.

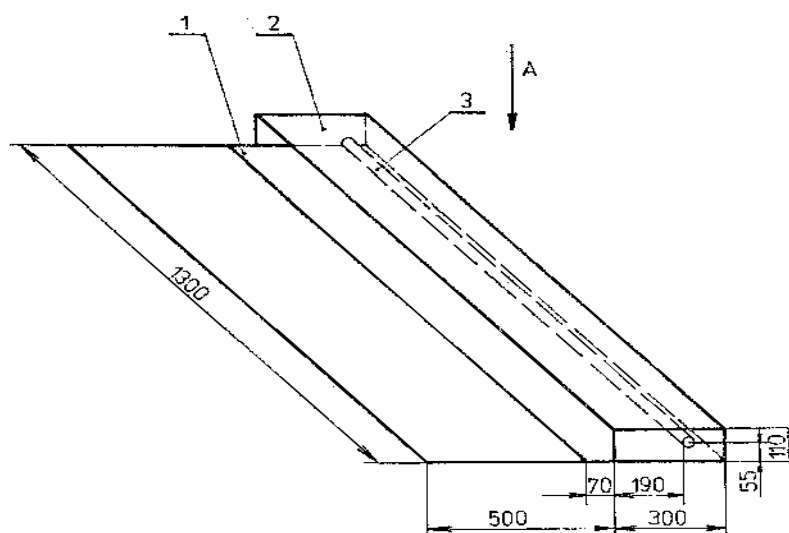


Obr.14.: Zařízení pro mačkání metodou dutého válce
 1 – osa přístroje se šroubovitou drážkou, 2 – horní deska,
 3 – zajišťovací šroub, 4 – kruhová vinutá pružina,
 5, 6, 7 – závaží, 8 – zkoušená plošná textilie

Pro zajištění přesného naměření hodnot se podél delší strany na líci elementárního vzorku označí linka ve vzdálenosti 10 mm od kraje. Vzorky nesmějí mít vady, sklady a lomy.

Zkouška se provádí v klimatických podmínkách. Vzorek se pomocí vinutých pružin upne do přístroje.

Kratší strany vzorku se položí na sebe ve vzdálenosti 10 mm a lehce se ručně sešijí přibližně 4 stehy. Uvolní se zajišťovací šroub, vrchní deska se pomalu spustí na spodní a přiloží se závaží (začátek doby zatížení). Po uplynutí stanovené doby se závaží sejme, horní deska se vysune nahoru, odstraní se stehování, sejmou se vinuté pružiny a elementární vzorek se bez žehlení uloží lící stranou nahoru na desku z umělé hmoty (začátek doby zotavení).



Obr.15.: Skříňka pro hodnocení výsledků

1 – linka pro položení elementárního vzorku a etalonu; 2 – kryt světelného zdroje; 3 – žárovka se studeným bílým světlem; 4 – stanoviště hodnotící osoby

Skříňka pro hodnocení se umístí ve výši pracovního stolu a vloží se do ní měřený vzorek. Vedle se přikládají trojrozměrné etalony a ohodnotí se mačkavost. Tato se určuje celými stupni. [12]

4.4.3. AKU – metoda válcového vzorku

Princip měření touto metodou je již popsán v kapitole 3.2.2.

Rozdíl je však ve způsobu vyhodnocování. Při hodnocení vzhledu je postup následující:

Vzorek se po vyjmutí z měřicího přístroje rozstříhne. Položí se lícni stranou nahoru a nechá se 15 minut zotavit. Po uplynutí této doby se vzorek porovnává s fotografickými etalony. Vizuální hodnocení se vyjadřuje ve stupních odolnosti proti pomačkání. Stupně pomačkání se určují podle tabulky (Tab.2.).

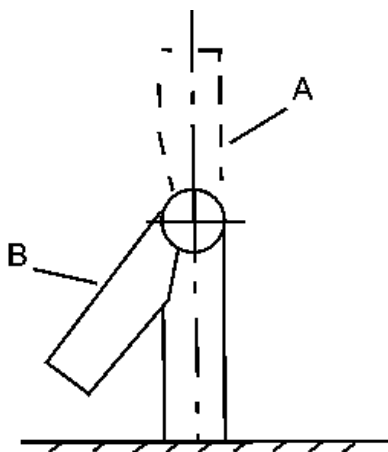
| Stav vzorku | Stupeň odolnosti proti pomačkání |
|------------------------------|----------------------------------|
| Zcela bez záhybu | 5 |
| Slabé pomačkání | 4 |
| Mírné pomačkání | 3 |
| Silné pomačkání | 2 |
| Velmi silné, ostré pomačkání | 1 |

Tab.2.: Určování stupně pomačkání pro metodu AKU

4.4.4. Protéza

Tato metoda simuluje pomačkání textilie v lokti nebo pod kolenem.

Přístroj Protéza je tvořen základovou deskou, a třemi rameny s klouby pro otočné uchycení horních ramen, která se po nasunutí zkoušeného vzorku sklopí z klidové polohy (A) do pracovní polohy (B) (Obr.16). Textilii zatěžíme po dobu 30 minut.



Obr.16.: Zkušební zařízení Protéza

Zkušební vzorky jsou připravovány ve dvou velikostech:

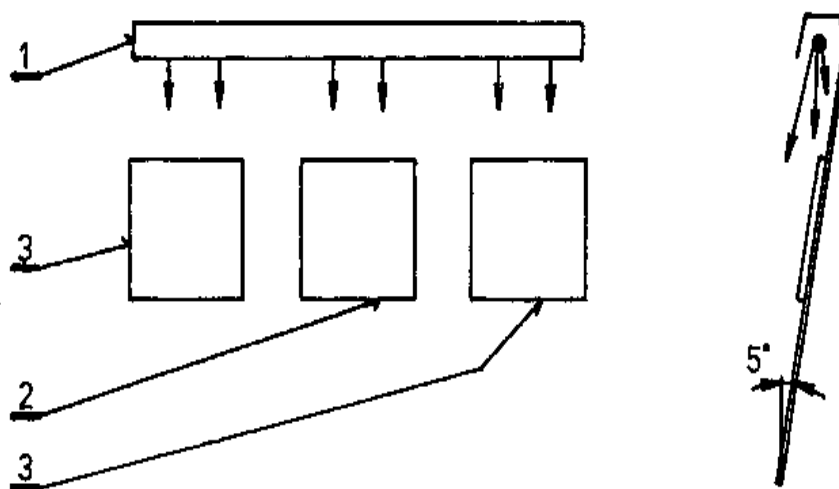
1. úzký rukáv 200 mm (útek – směr příčný) x 280 mm (osnova – směr podélný)
2. široký rukáv 240 x 280 mm

Z každého vzorku textilie se zkouší po třech vzorcích z každé velikosti. Vyžehlené a klimatizované vzorky se sešijí tak, aby vzdálenost mezi jednotlivými stehy byla maximálně 10 mm. Nasunou se přes obě ramena přístroje tak, aby šev byl na vnější straně kloubu a horní rameno se sklopí. Krajní poloha je vymezena zarážkou. Po 30 minutách se horní rameno zvedne a šev se ustříhne. Vzorek se nechá ještě dalších 5 – 30 minut relaxovat. Nyní jej můžeme porovnávat s plastickými etalony.

4.4.5. Hodnocení mačkavosti po praní

Tato zkouška se provádí z pravidla u textilií prádlařských.

Měření se provádí na vzorcích se zapravenými okraji proti třepení o rozměrech 400 x 400 mm. Dále se vzorky vloží do bubnové pračky. Po vyprání se však neždímají, ale nechají se vysušit ve vertikální poloze v klimatizovaném prostředí. Výsledky zmačkání se porovnávají s plastickými etalony při šikmém osvětlení. Etalony mají stupnici 1 – 5, přičemž stupeň 1 znamená největší zmačkání. [2]



Obr.17.: Etalonové srovnávání mačkavosti po praní
1-osvětlovací rampa; 2-vypraný a vysušený vzorek;
3-etalon

4.4.6. Zkoušky nošením

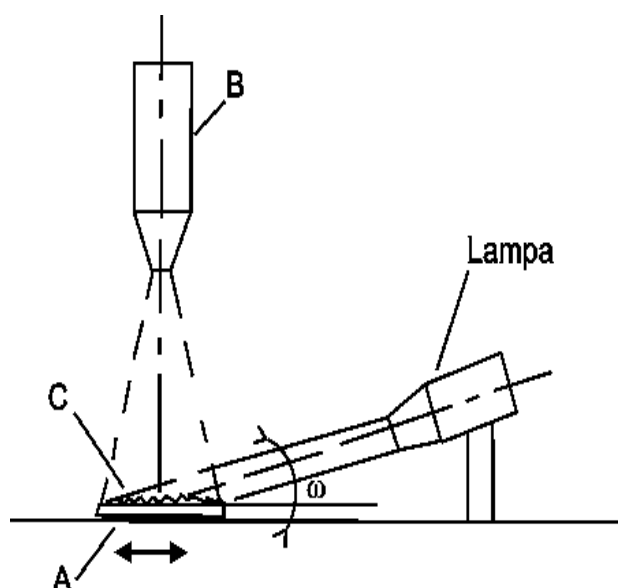
Ze zkoušeného druhu textilie se zhotoví zkušební vzorky (sukně, kalhoty, halenky, dámské šaty atd.) a pro každý z těchto oděvů se stanoví místo, na kterém se hodnotí mačkavost. Zkušební oděv se hodnotí přímo na nositeli v tom místě, které nejvíce ruší celkový vzhled.

4.5. Speciální metody

4.5.1. Dupon – metoda pro nemačkové úpravy

Tato metoda je určena především pro zjišťování mačkovosti textilií s nemačkovou úpravou.

Zmačkaný vzorek tkanin se položí na stolek, který vykonává přímočarý pohyb. Vzorek se osvětluje lampou pod úhlem ω , který svírá s podložkou úhel $9^\circ - 15^\circ$. Kolmo k pohybujícímu se stolku (A) je umístěna rychlostní kinokamera (B). Touto jsou snímány stíny, které způsobují přehyby zmačkaného vzorku (C).



Obr.18.: Princip měření mačkovosti pomocí přístroje Dupon

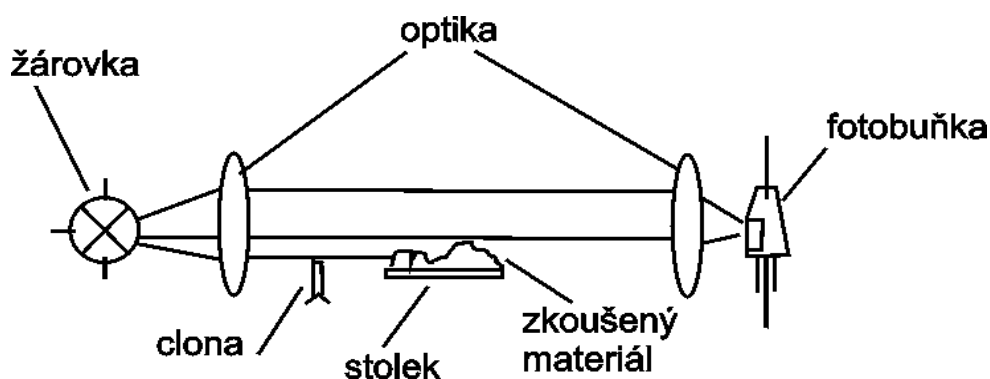
V závislosti na těchto stínech se sestavují grafy, které charakterizují mačkovost tkanin. [10]

4.5.2. Přístroj IN – 2

K měření nemačkovosti na tomto přístroji potřebujeme kruhový vzorek o průměru 90 mm. Tento se mačká na deformačním přístroji mezi dvěma matricemi s vylosovaným vzorem pomačkání ve třech možných stupních zatížení. Pomačkaný vzorek se umístí na horizontálně se otáčející kotouč elektronického fotometru. Po uplynutí času na zotavení se rovnoběžně s podložkou vzorku nasměruje světelný paprsek, který míří směrem ke vzorku textilie.

Se vzorkem je pomocí kotouče fotometru otáčeno postupně dvanáctkrát po 30° . Množství světla, které projde analyzátozem, závisí na odolnosti textilie vůči pomačkání a velikosti záhybů, přičemž platí:

1. čím méně je textilie pomačkána, tím více světla projde k analyzátoru
2. barva použité textilie nemá vliv na výsledky



Obr.19.: Přístroj IN – 2

Výslednou nemačkavost textilie zjistíme, pokud vypočítáme aritmetický průměr ze všech dvanácti měření. Výsledná hodnota se udává v [%].

Pro hodnocení nemačkavosti touto metodou byla vytvořena klasifikační tabulka (Tab.3.)

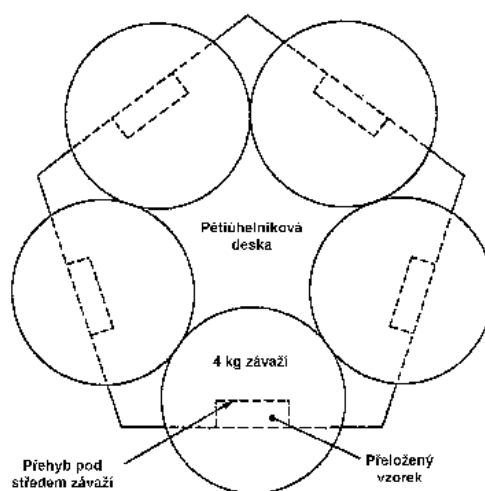
| Popisné hodnocení mačkavosti | Mačkavost [%] | Subjektivní hodnocení |
|---|---------------|-------------------------|
| Textilie zůstává silně zmačkaná, je nutné dlouhodobé žehlení | 0 - 40 | nízká nemačkavost |
| Na textilii zůstávají ustálené záhyby, je nutné žehlení | 41 – 60 | střední nemačkavost |
| Na textilii zůstávají slabé záhyby, odstraní se snadno žehlením | 61 – 80 | dobrá nemačkavost |
| Při sušení textilie na ramínku záhyby téměř zmizí, lehce přežehlit | 81 – 95 | velmi dobrá nemačkavost |
| Při sušení textilie na ramínku záhyby zcela zmizí, žehlení není nutné | 96 - 100 | výborná nemačkavost |

Tab.3.: Klasifikační tabulka pro metodu IN - 2

4.5.3. Měření úhlu zotavení vlněných tkanin

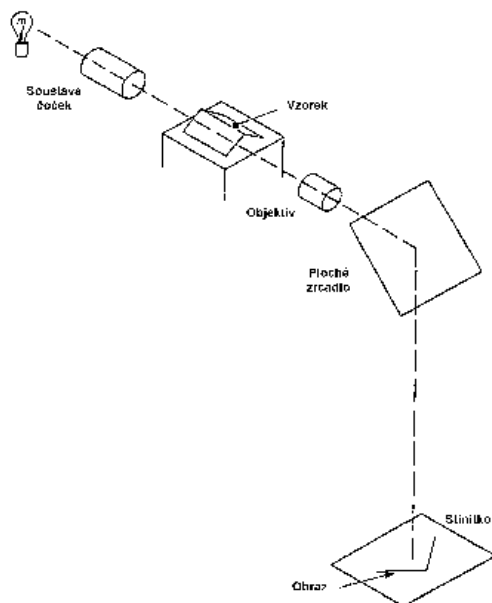
Tato metoda je určena pro materiály vlněné a směsované s vlnou, jejichž tloušťka je v rozmezí 0,13 – 1 mm.

Ke zkoušce jsou potřeba malé obdélníkové vzorky o rozměrech 17 x 25 mm. Tyto se přeloží v polovině (delší strany na sebe) a jsou vloženy mezi dvě rovnoběžné desky ve tvaru pravidelného pětiúhelníku. Každý vzorek je zatížen válcovým závažím o průměru 25 mm a hmotnosti 4 kg. (Obr.20.)

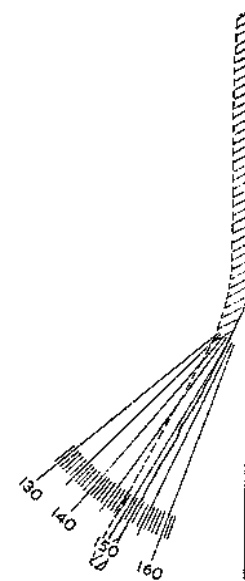


Obr.20.: Mačkání vlněných vzorků

V prostředí s relativní vlhkostí 85 % a při teplotě 30°C jsou měřené vzorky zatěžovány po dobu 1,5 hodiny. Po uplynutí stanovené doby je závaží zvednuto a vzorkům ponechán čas 30 minut na zotavení v prostředí standardní atmosféry tj. 65% relativní vlhkosti a teplotě 20°C. Poté jsou vzorky přeneseny na podložku a nasvíceny soustředěným světlem. Pomocí optického projektoru je profil úhlu zotavení zvětšen 10x a promítán na zrcadlo, které jeho obraz odráží na stínítko. Úhel zotavení je měřen na obraze vzniklém na stínítku pomocí úhloměru. (Obr.21, 22) [14]



Obr.21.: Optický projektor

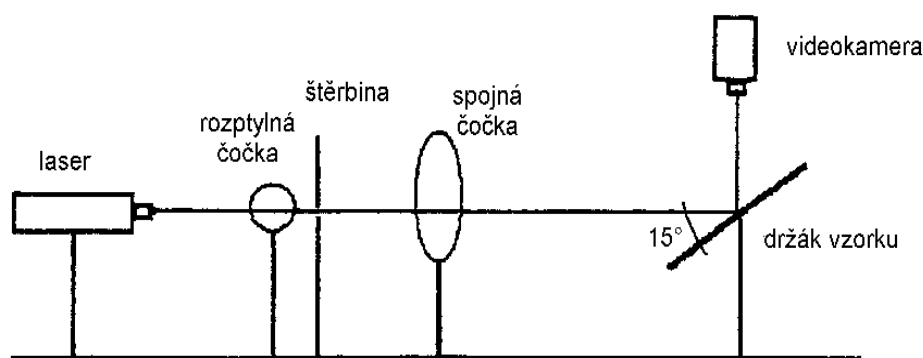


Obr.22.: Úhломěr a promítaný obraz zmačkaného vzorku

4.5.4. Měření mačkovosti na vzorovaných textiliích

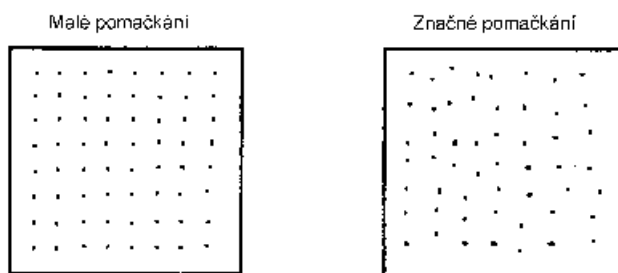
Tato metoda se pokouší eliminovat vzor na materiálu.

Pomocí He/Ne laserových paprsků je skrz soustavu čoček a štěrbin promítána matice světelných bodů na materiál pod úhlem 15° . Obraz materiálu je nasnímán pomocí kamery a digitalizován.



Obr.23.: Průchod laserového světla na vzorek pomačkaného materiálu

Světelný paprsek, který dopadá na zmačkaný povrch je zkreslen.



Obr.24.: Efekt pomačkání zobrazený odrazem laserových paprsků

Výsledný obraz bodů je počítačově zpracován do binární podoby a srovnáván s obrazy předem nasnímanými na 3D plastických etalonech. Následně je ohodnocen jedním z pěti stupňů pomačkání.

Tato metoda vykazuje mnohem menší odchylky ve stupni hodnocení oproti metodě subjektivní.[15]

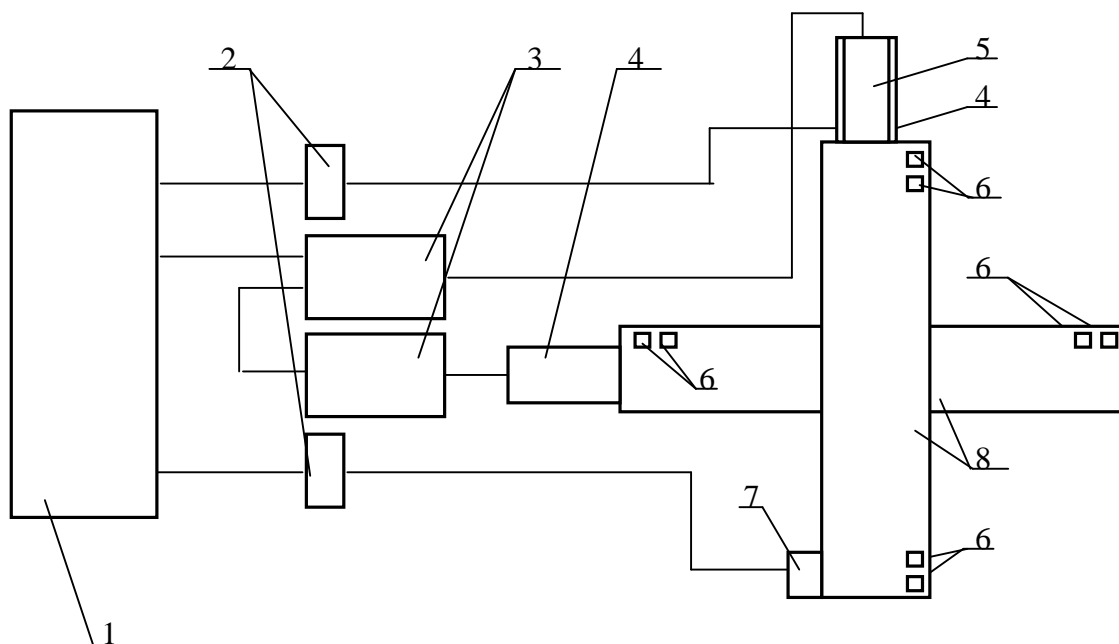
4.5.5. Zjišťování mačkovosti pomocí světelného toku

Pro tuto metodu je potřeba vzorek smotaný do tvaru trubice. Umístíme jej na válec, který se otáčí. Zdroj světla vyzařuje svazek paprsků, který prochází přes clonu a dopadá na fotoelektrický snímací člen. Dopadu světla na fotoelektrický člen, brání přehyb vzorku, které vznikly jeho zmačkáním. V závislosti na množství prošlého světla se mění velikost proudu, který snímá miliampérmetr. [17]

5. Návrh alternativní metody pro měření mačkovosti

Pomocí mechanismu složeného z několika prvků, jako například krokové motorky, lineární posuvy a podobně byl umožněn kontrolovatelný posuv laserového snímače. S jeho pomocí je snímán povrch vzorku textilie, která je již předem zmačkaná. Z něj je pak zpracováván signál pomocí počítače, kde je také zrekonstruován na prostorový obrazec.

5.1. Uspořádání měřicího zařízení



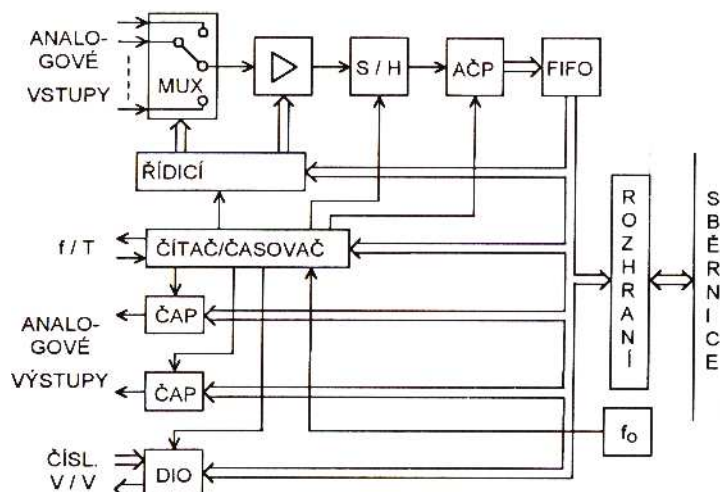
Obr.25.: Blokové schéma alternativního měřicího zařízení

1-PC s měřicí kartou; 2-svorkovnice; 3-desky pro řízení krokových motorů; 4-krokové motory; 5- snímač polohy a posuvu; 6-mikrospínače; 7-snímač pro měření vzdálenosti; 8-lineární posuvy

5.1.1. Multifunkční karty

Multifunkční karty patří mezi nejrozšířenější typy zásuvných měřicích desek do PC. Nejčastěji v sobě tyto desky kumulují funkce:

- vícekanálového analogového vstupu
- vícekanálového analogového výstupu
- čítače impulsů
- číslicové vstupy a výstupy.



Obr.26.: Blokové schéma multifunkční měřící desky do PC

Vstupní *multiplexer* (MUX) zprostředkovává připojení ke vstupu diferenčního zesilovače s programovatelným zesílením více zdrojů měřeného signálu. Na něj je připojen vstup vzorkovacího obvodu s pamětí (S/H). Tento určuje okamžik odběru vzorku vstupního napětí a zajišťuje na vstupu během převodu konstantní napětí na AČP s postupnou aproximací. Základní časování všech vstupních i výstupních kanálů je řízeno čítačem/časovačem, který lze využít i pro měření frekvence impulsů, nebo měření doby trvání impulsu. ČAP plní funkci generování analogových signálů.

Pro navrhovaný měřící systém byla použita multifunkční karta MF614 od firmy Humusoft s.r.o. Karta je podporována programovou sadou Extended Real Time Toolbox pro Matlab. Touto kombinací programu lze vytvořit snadno použitelné prostředí pro sběr a vyhodnocení dat. Karta je vybavena osmi dvanáctibitovými analogovými vstupy a čtyřmi výstupy, osmi digitálními vstupy a výstupy, programovatelným rozsahem vstupního A/D převodníku, čtyřmi vstupy pro inkrementální snímače a pěti čítači (časovači). Její kladnou stránkou je zajisté i její nízká spotřeba. [17,18]

5.1.2. Svorkovnice

Svorkovnice slouží jako přechod mezi řídicím systémem a okolím. Existuje nesčetně druhů a typů svorkovnic. Pro náš případ byla nejvhodnější ta, do níž na jedné straně připojujeme plochý kabel a na druhé straně jsou svorky pro kabeláž. Potřebovali jsme je ve 2 provedeních, přičemž jedna byla použita pro snímání polohy a druhá pro snímání laserového měřicího snímače.

5.1.3. Krokové motory

Krokové motory jsou pohonem, který umí přesně nastavit svoji polohu a tuto polohu i přes působící síly udržet. Z hlediska obsluhy jsou nenáročné.

Jejich nevýhodou však je trvalý odběr proudu i když se motor netočí. Nepříliš výhodný je i poměr výkonu vůči hmotnosti. Z hlediska ceny též nejsou právě nejvýhodnější.

Složení krokového motoru

Stator krokového motoru je tvořen sadou cívek. Pólové nástavce statoru jsou vroubkovány se stejnou roztečí jako je rozteč magnetů na rotoru.

Rotor je tvořen hřídelí usazenou na kuličkových ložiskách a prstencem permanentních magnetů.

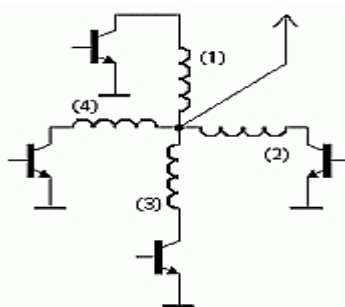
Princip krokového motoru

Proud procházející cívkou statoru vytvoří magnetické pole, které přitáhne opačný pól magnetu rotoru. Vhodným zapojováním cívek dosáhneme vytvoření rotujícího magnetického pole, které otáčí rotorem.

Krokové motory lze řídit více způsoby. Záleží jaký požadujeme kroutící moment, přesnost nastavení polohy a přípustný odběr. Kvůli přechodovým magnetickým jevům je omezena rychlost otáčení motoru a to na několik stovek kroků za sekundu (závisí na typu motoru a zatížení). Při překročení této maximální rychlosti (nebo při příliš velké zátěži) motory začínají ztrácet kroky.

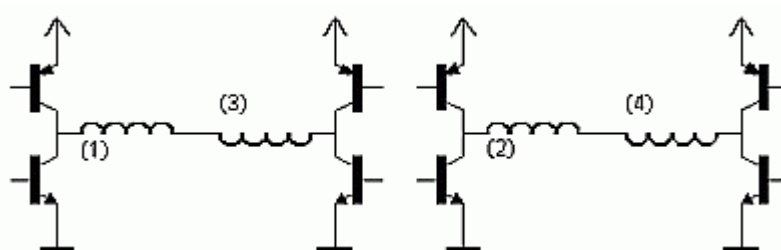
Metody řízení krokových motorů

Unipolární – v jednom okamžiku prochází řízení právě jednou cívkou. Motor má nejmenší odběr, ale poskytuje nejmenší kroutící moment. Výhodou je jednoduché zapojení.



Obr.27.: Jednoduché zapojení krokového motoru

Bipolární – proud prochází vždy dvěma protilehlými cívkami. Ty jsou zapojeny tak, že mají navzájem opačně orientované magnetické pole. Motor poskytuje větší krouticí moment, ovšem za cenu vyšší spotřeby. Složitější zapojení (pro každou větev je zapotřebí H-můstek)



Obr.28.: Složitější zapojení krokového motoru

Jednofázové – magnetické pole generuje pouze jedna cívka (při bipolárním buzení dvojice cívek)

Dvoufázové – generují shodně orientované magnetické pole vždy dvě sousední cívky. Daní za vyšší krouticí moment je dvojnásobná spotřeba oproti řízení jednofázovému.

S plným krokem – na jednu otáčku je potřeba přesně tolik kroků, kolik zubů má stator daného motoru.

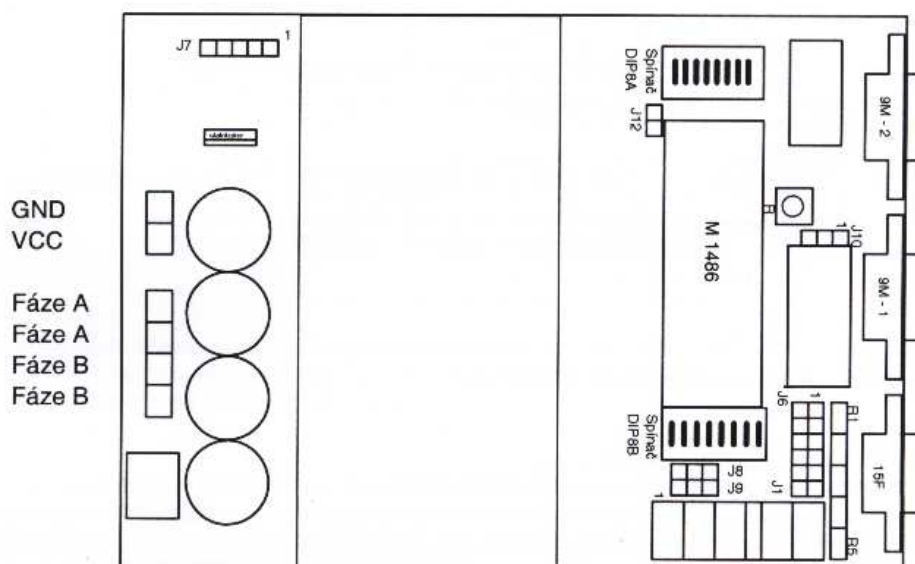
S polovičním krokem – dosáhneme dvojnásobné přesnosti. Jedná se o střídání kroků s jednofázovým a dvoufázovým řízením.

Pro náš projekt byly vybrány krokové motory bipolární se zapojením do série. K nim firma Microcon dodává desky pro jejich řízení (viz. následující kapitola).

Krokové motory jsou napájeny zdrojem o výstupním napětí 33 VDC s proudem 2A. [19]

Pro řízení krokových motorů byly použity řídící desky typu CD, na kterých jsou všechny komponenty potřebné pro jejich řízení. Deska obsahuje jak řídící část realizovanou kontrolerem M1486E1, tak i výkonový zesilovač s pulsní regulací proudu a s možností mikrokrokování.

Standardním vybavením je i konektor RS232 pro spojení s nadřazeným počítačem, konektor RS232 pro spojení s případným dalším kontrolerem M1486 přes RS232 (možno zřetěžit až 15 členů a uživatelský konektor pro pět vstupních a čtyři výstupní signály). Každá deska typu CD je doplněna spínacím tlačítkem pro restart kontroleru. [19]



Obr.29.: Deska pro řízení krokových motorů

5.1.5. Snímač polohy a posuvu

Pro určení polohy lze vybírat z mnoha senzorů. Pro přehlednost je můžeme rozdělit do skupin podle veličiny, kterou snímáme.

a) *O odporové senzory polohy*

Jsou založeny na použití odporových potenciometrů s pohyblivým kontaktem (jezdce), mechanicky ovládaným měřenou veličinou.

Potenciometry se používají s

- rotačním pohybem jezdce
- přímočarým posuvem jezdce
- spirálovým pohybem jezdce

b) *Senzory polohy se skokovou změnou odporu (elektrokontaktní)*

Převádějí změnu polohy na skokovou změnu odporu přepínáním jednoho nebo i velkého pole kontaktů rozmístěných po dráze pohybu. Lze je dělit dle způsobu ovládání kontaktů na

- ovládání mechanicky
- ovládání magnetickým polem
 - Wiegandovy senzory
 - Jazyčkové relé
 - Hallovy sondy

c) *Indukčnostní senzory*

Jsou pasivní senzory, v nichž je měřená veličina převáděna na

- změnu indukčnosti – tlumivkové senzory
- vzájemné indukčnosti – transformátorové senzory

Magnetický obvod může být uzavřený nebo otevřený, uspořádání jednoduché nebo diferenciální.

d) Kapacitní senzory

Jsou vhodné pro měření veličin ovlivňujících kapacitu kondenzátoru. Těchto snímačů je několik druhů, podle toho, zda je deskový či válcový, jednoduchý nebo diferenční, s proměnlivou mezerou, tloušťkou dielektrika, nebo plochou překrytí.

e) Optoelektronické senzory polohy

K měření polohy nebo posuvu lze obecně využít jakoukoliv polohou nebo posuvem ovlivněnou závislost mezi výstupní veličinou detektoru a parametry zdroje optického záření. Poloha (posuv) objektu může vyvolat:

- změnu polohy zdroje světelného záření (světelné sloty)
- zastínění světelného toku mezi zdrojem a detektorem světelného záření
- změnu úhlu odrazu paprsku zdroje
- interferenci zdrojového a odraženého paprsku

Jedním z nejjednodušších typů optoelektronických snímačů jsou inkrementální senzory. Tohoto bylo využito pro snadné snímání pozice jednoho z posuvů.

Vybrány byly nejen pro jejich jednoduchost, ale i protože jsou snadno dostupné a především jsou podporovány již použitou měřicí kartou.

Inkrementální optoelektronické senzory posuvu

Princip těchto senzorů spočívá v clonění světelného toku mezi zdrojem a fotocitlivými prvky – pravítkem nebo kotoučem. Tyto jsou pravidelně rozděleny na úseky pro světlo propustné a nepropustné (kroky). Posuv pravítka o 1 krok (λ) vyvolává přerušení světelného svazku a výstupní signál fotocitlivého detektoru po úpravě na impuls inkrementuje obsah čítače. Měřený posuv je tedy dán obsahem čítače vynulovaného při referenční poloze.

V typickém uspořádání je na skleněném pravítku spojeném s měřeným posuvem vytvořena řada průsvitných a neprůsvitných proužků. Obrazec se stejnou geometrií je také na cloně pevně uchycené nad měřítkem. Aby bylo možné určit směr pohybu a vynulovat obsah čítače, má senzor tři soustavy proužků, pevných clon a fotocitlivých elementů. Zdroj přímkového světelného toku (diody LED

nebo speciální žárovka s optikou) je společný pro všechny tři kanály (A,B,C). V senzoru se využívá výhod diferenciálního uspořádání, tj. dvě antiparalelně zapojené fotodiody jsou navzájem posunuty o hodnotu $n\lambda + \lambda/2$, takže při posuvu vzniká za zesilovačem střídavý signál blízký sinusovce.

Směr posuvu je odvozen ze sledu signálů v kanálech A, B. Základem je posuv pevné clony v kanálu B o hodnotu $n\lambda + \lambda/4$. Pak signály U_A , U_B připojené na vstupy klopného obvodu nastavují jeho výstup do logické úrovně závislé na sledu náběžných hran obou signálů. Výstup řídí směr čítání čítače. Rozlišovací schopnost se zvyšuje až 4x počítáním hran průběhů U_A , U_B . Kanál C slouží k odvození signálu o pozici referenční značky.

Zmenšování kroku λ je omezeno ohybem světla na přibližně 7 μm , proto další zvýšení rozlišení až o dva řády je možné zpracováním harmonických signálů U_A , U_B interpolátory. Jedním z nedostatků inkrementálních senzorů polohy je skutečnost, že změna obsahu čítače případnými rušivými impulsy je korigovatelná až po dosažení referenční značky.

Díky vybranému rotačnímu inkrementálnímu čidlu 120/1000 od ZPA Kosíře jsme schopni získat pomocí signálů A a B vzdálenost o kterou se posune jezdec na vedlejším lineárním posuvu. Maximální počet mechanických otáček je 100 s^{-1} . Zapojení čidla viz. příloha č.1. [20]

5.1.6. Mikrospínače

Ke každému lineárnímu posuvu náleží pomocná lišta, která slouží nejen pro přikrytí kabeláže ale také pro připevnění mikrospínačů. Tyto jsou připevněny na každé straně obou lineárních posuvů dva. Jeden pro softwarové ošetření a druhý jako pojistka proti zničení celého zařízení, který v případě sepnutí odpojí zdroj.

Použity byly mechanické spínače s páčkou a kladkou, jejichž podstatou je přesný mechanismus mžikového spínání s měděnou pružinou s obsahem berilia, který zajišťuje spolehlivou činnost spínače po celou dobu životnosti.

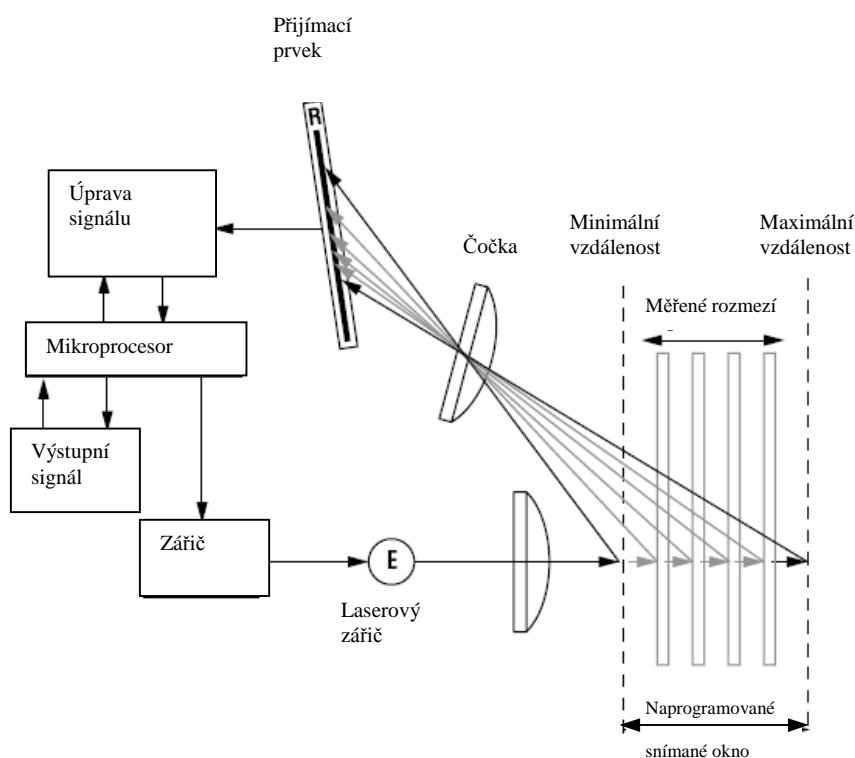
Mikrospínače jsou napájeny zdrojem o výstupním napětí 24V a 5A. [21]

5.1.7. Snímač vzdálenosti

U snímání vzdálenosti máme na výběr z velké škály snímačů, podobně jako u snímání polohy. Nejvýhodnější parametry měly snímače laserové. Především splňují podmínku velké přesnosti a bezdotykového měření. Zvolen byl laserový měřicí snímač LG5B65PI od firmy Banner.

Tento senzor je samostatným měřícím systémem třídy 2. K měření nepotřebuje zvláštní kontroler. Úzký efektivní paprsek je vhodný pro jemné měření aplikací nebo pro dálku, výšku nebo tloušťku. Měří s přesností na 3 mikrony. Má snadné ovládání pomocí tlačítek, nebo jej lze ovládat i dálkově pomocí počítače.

Výstupní odezva je programovatelná pro 3 rychlosti. Lze snímat buď diskretní nebo analogový signál. L-Gage laser je založen na principu optického vyměřování (Obr.30.). Zářič přenáší viditelné laserové světlo skrz čočky na cíl. Paprsky laserového světla se odrazí od cíle a některé z nich se šíří přes jiné čočky do senzoru – přijímacího zařízení.

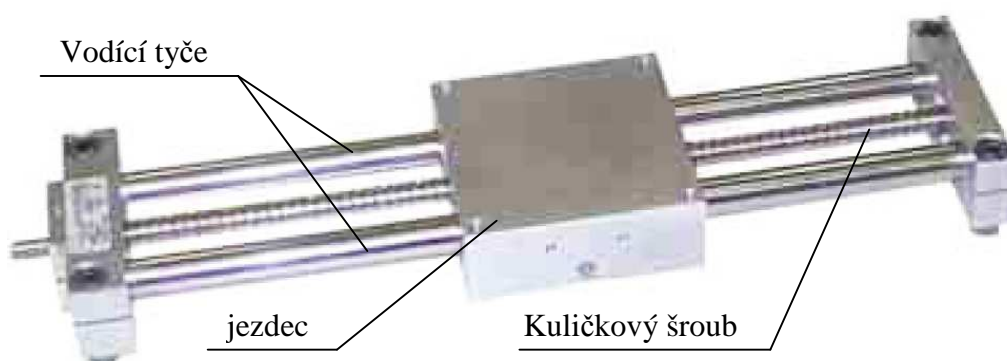


Obr.30.: Princip laserového snímače

Přístroj může být napájen napětím 12-30V. Jeho výstupní signál je zasílán do počítače, kde se dále vyhodnocuje. Jistou nevýhodou tohoto snímače však je jeho neschopnost snímat lesklé a průhledné předměty. Zapojení viz příloha č.2. [20,22]

5.1.8. Lineární vedení

Lineární vedení s kuličkovým šroubem jsou vhodná pro široké spektrum aplikací. Jsou zejména vhodná pro polohování středně těžkých a těžkých břemen. Lze je zatěžovat velkými momenty. Vedení převádí rotační pohyb rotoru motoru na lineární pohyb polohovaného břemene. Sílu a rychlost lineárního pohybu je při shodném momentu motoru možno volit výběrem stoupání kuličkového šroubu. Použitím krokového motoru s lineárním vedením je možné zajistit přesný a cenově dostupný lineární pohon.



Obr.31.: Lineární vedení s vodícími tyčemi

Pro tento projekt bylo zvoleno lineární vedení s vodícími tyčemi v provedení bez krytí a s tyčemi o průměru 16 mm. Dosahují příznivého poměru cena / výkon. Vedení jsou vhodná pro polohování lehkých a středně těžkých břemen. Krouticí moment krokového motoru je přiveden pomocí pružné spojky, která zároveň zajišťuje aby zátěž a osa hřídele byly v jedné ose. [19]

5.2. Nastavení jednotlivých součástí měřícího zařízení

5.2.1. Možnosti řídicích jednotek pro řízení krokových motorů

Krokové motory se obvykle řídí jednotkami řady CD, které se programují pomocí Inmotion utility. Toto prostředí umožňuje vytvořit sadu povelových příkazů, připojit se přes sériovou linku a předat řídicí desce potřebné informace. Ta je pak dle provedení vykonává s nadřazeným PC nebo bez něj.

Lze využít její vnitřní paměti, která cyklus příkazů neustále opakuje. Tento způsob má výhodu v tom, že můžeme použít program s větším obsahem dat a nemusíme být v kontaktu s nadřazeným počítačem. Před nahráním do této paměti je nutné provést buď hardwarový nebo softwarový reset.

V našem případě je však vyžadována přímá a proměnlivá komunikace, proto této paměti nebylo využito. Před nahráním povelového souboru do mikrokontroleru je nutné provést hardwarový reset.

Pro více řídicích jednotek je nutné každé přidělit jinou adresu. Tyto lze přiřazovat v hodnotách 1 až F. Na řídicích jednotkách se nastavují pomocí přepínačů DIP8A 1 až 4, přičemž DIP8A1 odpovídá adrese 0, DIP8A4 odpovídá adrese 3.

Kontroler, do kterého potřebujeme dopravit danou část souboru určíme pomocí indexu. Pro označení hlavního pohybu bylo tedy použito adresy XF a pro vedlejší pohyb indexu X1. K použití všech řídicích jednotek současně lze použít universální adresu XG.

5.2.2. Uživatelské vstupy a výstupy

Z bezpečnostních důvodů je nutné ošetřit krajní meze u lineárních posuvů. Kdyby byly tyto hranice opomenuty, mohlo by dojít k situaci, že jezdec bude dále posouván po kuličkovém šroubu a narážel by do koncových zářezek. Tímto by se mohlo celé měřící zařízení zničit. Jako ukazatele konce byly zvoleny mechanické mikrospínače, které jsou pro větší spolehlivost zdvojené. Vnitřní z nich jsou ošetřeny softwarovým způsobem jako uživatelské vstupy.

Při zaregistrování nájezdné lišty připevněné na jezdcí lineárního posuvu kladkou mikrospínače je řídicí desce dán impuls o krajní poloze. Tato na něj zareaguje

bud' ukončením, nebo změnou pohybu. Označení těchto spínačů bylo zvoleno pro směr vpřed jako vstup 1 a pro směr vzad jako vstup 2.

5.2.3. Sériová komunikace

Pro správnou komunikaci mezi PC a kontrolerem musí být nastaveny správné parametry pro jejich spolupráci. Tato je prováděna přes sériový port. Nezbytnou součástí tohoto nastavení je:

- zvolení kanálu
- rychlost přenosu
- počet datových bitů
- parita
- počet stop bitů

5.2.4. Kalibrace laserového snímače

Laserový snímač je schopen snímat předměty ve vzdálenosti 45 – 65 mm. Pro nastavení potřebné škály měření je třeba přístroj nejdříve nakalibrovat měřený rozsah. Tato operace není nutná při každém zapnutí přístroje. Senzor si zadané vzdálenosti pamatuje do té doby, dokud nejsou znovu přepsány. Lze také nastavit zda požadovanou veličinu snímat diskrétně nebo analogově. Postup nastavování:

- 1) dlouhé kliknutí na tlačítko s požadovaným zobrazováním veličiny – zelené pro diskrétní výstup, červené pro analogový výstup
- 2) Rozsvítí se červeně nebo zeleně LED s nápisem teach (červená při analogovém a zelená při diskrétním požadovaném výstupu)
- 3) Senzor čeká na nastavení prvního limitu. Připravenost prokazuje rozsvícením dolních 3 LED pro signál, výstup a zapnutí
- 4) Vložíme první limit a krátce klikneme na stejné kalibrační tlačítko jako na začátku
- 5) LED s nápisem teach se rozbliká na znamení přijetí prvního limitu
- 6) Vložení druhého limitu
- 7) Potvrzení limitu opětovným kliknutím na kalibrační tlačítko

5.3. Softwarové vybavení

5.3.1. Programové prostředí Matlab 6.5

Matlab je výkonné prostředí pro vědecké a inženýrské výpočty a vizualizaci dat. Integruje numerickou analýzu, maticové výpočty, zpracování signálů a grafiku do uživatelsky příjemného prostředí. Základním datovým prvkem matlabu je matice. Její rozměr přitom předem není třeba znát a lze jej v průběhu výpočtu měnit. Jednou z hlavních výhod tohoto programu je jeho snadná rozšiřitelnost, která umožňuje doplňovat systém o uživatelem napsané funkce nebo celé aplikace. Další výhodou je možnost velkého množství specificky zaměřených nadstaveb, tzv. toolboxů. Tou nejrozšířenější je doposud Simulink.

V této práci byla využita ještě další z nadstandardních knihoven – Real Time toolboxes.

5.3.2. Hlavní řídicí program

Hlavní řídicí program zpřístupňuje funkce jednotlivých podprogramů, a dále zpracovává a upravuje data.

Program je složen z několika částí:

- 1) Inicializace měřící karty
- 2) Spuštění krokových motorků
- 3) Spuštění snímání laserového a inkrementálního snímače
- 4) Zpracování naměřených dat
- 5) Úprava dat pomocí filtru

Zdrojové kódy hlavního programu i podprogramů jsou uvedeny v příloze č.3.

5.3.3. Program pro řídicí jednotky

Cílem tohoto podprogramu je přesné řízení pohybu laserového snímače prostřednictvím krokových motorů a lineárních posuvů.

Kontroler má vlastní povelový jazyk, poskytující výkonný soubor povelů pro řízení pohonů s krokovými motory včetně povelů pro větvení programu dle

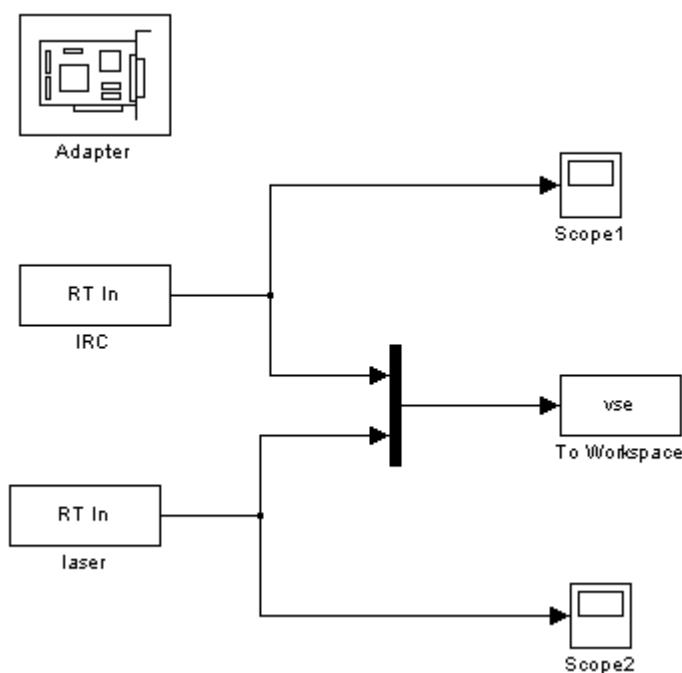
potřeby. Všechny povely jsou reprezentovány ASCII znaky. Tyto musí být uspořádány podle určité struktury:

- povel
- argument
- oddělovací znak

Protože jsou jednotlivé soubory posílány standardním způsobem na rozhraní RS232, není bezpodmínečně nutné využívat doporučeného programu Inmotion Utilities, ale lze jej nahradit i jiným rozhraním. Vzhledem k tomu, že ostatní části programu jsou vytvořeny v prostředí Matlab 6.5, i tato část je převedena do tohoto jazyka. Jedinou podmínkou je dodržení požadované struktury pro kontrolery.

5.3.4. Simulace pro snímání jednotlivých veličin

Tento podprogram slouží pro sejmutí dat z jednotlivých snímačů. Byl vytvořen v nadstavbě programu Matlab s názvem Simulink. Bylo zde využito přehlednosti a jednoduchosti této knihovny.



Obr.32.: Simulační schéma snímání

Popis jednotlivých bloků schématu:

- *Adapter* – blok pro nastavení měřicí karty a jejích parametrů
- *Rt in* – tento blok se vyskytuje ve schématu hned dvakrát. Poprvé jako vstup s názvem *laser* - pro snímání veličiny laserového snímače a podruhé s názvem *IRC* pro snímání veličiny na výstupu inkrementálního snímače
- *Scope* – ani tento blok není ve schématu zobrazen pouze jedenkrát. Jeho účel je však pouze kontrolní. Zobrazuje nasnímané hodnoty pomocí bloků *Rt in*
- *To workspace* – tato součást přenáší naměřená data do proměnné. Takto získáme matici o dvou sloupcích, z nichž jeden je výstup laserového a druhý inkrementálního snímače. Tyto hodnoty pak lze číst z hlavního programu

5.3.5. Zpracování naměřených dat

Po volání podprogramů pro řízení pohybu a snímání jednotlivých veličin pokračuje hlavní program zpracováváním naměřených dat.

Pomocí bloku *To workspace* v simulačním schématu byla získána data vystupující z obou snímačů. Tato jsou ve formě matice o dvou sloupcích a několika tisíc řádcích. Jednotlivé hodnoty však neumožňují zobrazení snímaného předmětu. Data je nutno nejdříve načíst, zrekonstruovat do matice, jejíž délka řádku odpovídá skutečné délce snímání a nakonec je možné tato data vykreslit.

Rekonstrukce dat je vyřešena kombinací podmínek, které ošetřují změnu polohy inkrementálního čidla. Při této změně je třeba vektor s výstupními daty laserového snímače vždy „rozříznout“ a posunout do dalšího řádku matice. Vzhledem k tomu, že směr snímání je prováděn ve dvou směrech, každou druhou řadu je nutné zrcadlově převrátit. Takto upravenou matici již lze zobrazit a porovnat s originálem.

5.3.6. Úprava dat filtrováním

Při snímání dat dochází k nepřesnostem a zašumění snímané veličiny. Tyto problémy mohou být způsobeny několika důvody. Jedním z nejvýraznějších je problém otřesů a rázů, které vznikají při posuvu krokových motorů. Chyby lze částečně odstranit filtry.

Pro náš případ byl vytvořen speciální filtr, který přepočítává klouzavý průměr přes tři po sobě jdoucí hodnoty. Kontrola se provádí ve dvou směrech – po řádcích a po sloupcích.

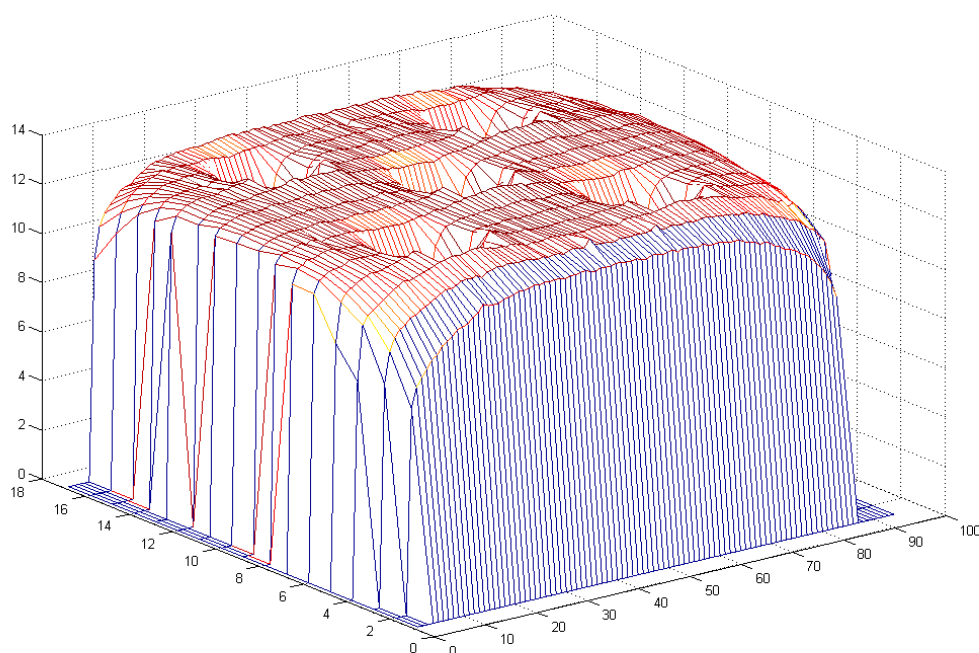
Chyba, kterou tento filtr odstraňuje je nastavitelný parametr, který může uživatel určit dle své potřeby.

Každý filtr který se používá má hranici, kdy data vyhlazuje – minimální chyba, a hranici, kdy jsou křivky sice uhlazeny, ale také zkresleny. Matematicky byla chyba vyjádřena v rozmezí 0,015 – 0,089. Experimentálně bylo zjištěno, že optimální je parametr 0,05. U různých případů se však může měnit nejen rušení, ale i tato chyba.

5.4. Ověření funkce navrženého měřicího zařízení

5.4.1. Snímání přesně definovaného předmětu

Aby bylo možno prohlásit, že tvary odpovídají, a že lze přístroj považovat za funkční, je vhodné nasnímání známého tvaru. Jedním z předmětů, jehož tvar lze snadno popsat je hrací kostka. Kostka byla vložena na místo určené pro vzorek a změřena laserovým snímačem. Pro větší názornost byl obrázek mírně oříznut a zvětšen. Vzniklé deformace a nepřesnosti linií jsou způsobeny otřesy vzniklými chodem zařízení.



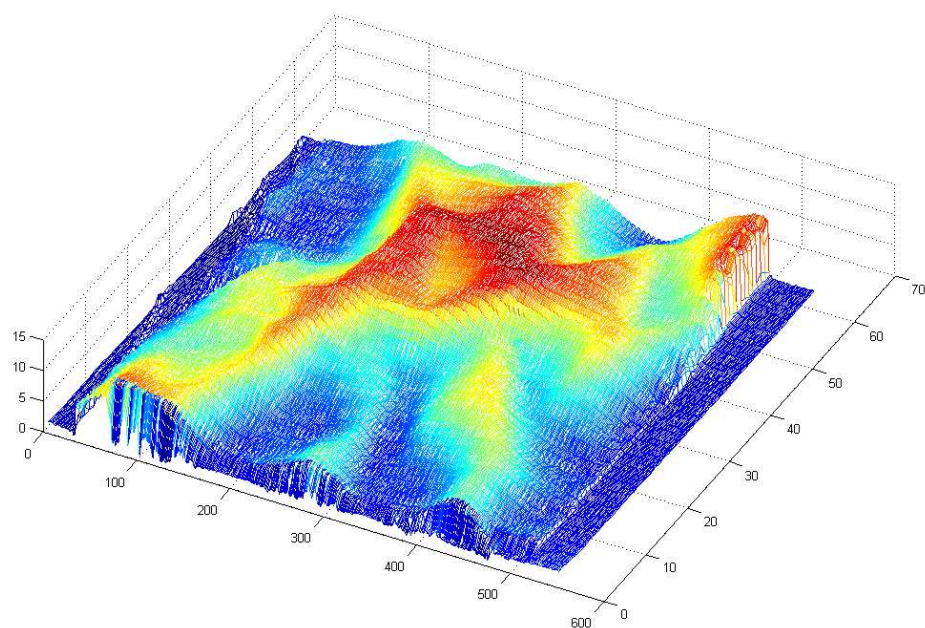
Obr.33.: Snímání definovaného tvaru

5.4.2. Snímání zmačkané textilie

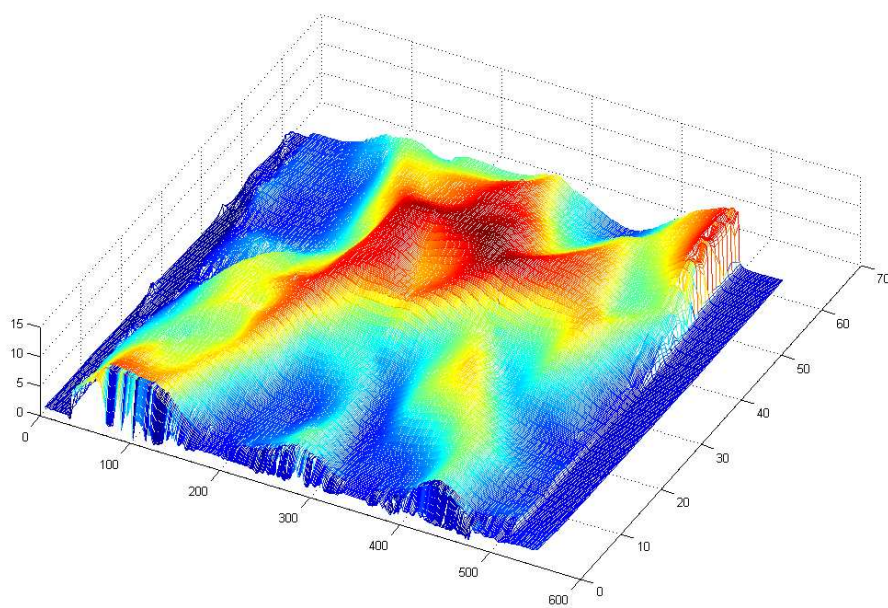
Po ověření snímání jednoduchého předmětu lze přejít k měření obecnějšího tvaru, jako například vzorek textilie, jehož tvar nelze přesně definovat. Porovnávat ji můžeme různě. V tomto případě jsme zvolili porovnávání s fotografií z digitálního fotoaparátu. Snímaný vzorek o rozměrech 70x70 mm byl neuspořádaně zmačkán a nasnímán.



Obr.34.: Původní snímaný vzorek s vyznačením místa snímání



Obr.35.: Nasnímaný vzorek textilie pomocí vytvořeného přístroje



Obr.36.: Upravená data pomocí jednoduchého filtru s parametrem odstranění chyby 0,05

5.4.3. Postup při měření

Ovládání měřicího zařízení z hlediska uživatele je velice jednoduché. Nejdříve je třeba vložit vybraný vzorek textilie na měřicí desku do přesně označené oblasti. Všechny přístroje včetně počítače se musí zapnout. Pro ovládání celého zařízení je nutné otevřít prostředí programu Matlab. V horní části hlavního okna se nastaví cesta k řídicímu programu. Dále se vloží jméno hlavního řídicího programu do komunikačního okna: *snimani*. Tímto je proces snímání spuštěn. Po ukončení snímání a vyhodnocování dat se objeví graf s výslednými hodnotami a dále graf s filtrovanými hodnotami o intenzitě filtru 0.05.

Filtr si může uživatel zavolat i samostatně po proběhnutí programu o zvolené intenzitě příkazem:

```
f2 = filtr2(pr,a); figure; mesh(f2); grid on;
```

Přičemž místo parametru *o* zadá požadovanou intenzitu filtru.

5.5. Doporučení pro další vývoj

Během snímání vzorků dochází k odchylkám způsobeným rázy, které vznikají při provozu měřicího přístroje. Těmto odchylkám by se dalo předejít masivnější konstrukcí celé desky a odpružením od okolí. A především by bylo třeba upevnit vzorek materiálu, aby nedocházelo k jeho posuvům.

Přesnějšího měření by bylo možné docílit použitím výkonnější hardwarové části zařízení, jehož rychlost je omezena.

V této práci byl vytvořen přístroj pro snímání jednotlivých vzorků zmačkaných textilií. Pro určení míry mačkovosti by bylo vhodné vypracovat metodu porovnávání jednotlivých vzorků textilií. Mačkovost může být vyhodnocována několika způsoby. Jednou z možností by bylo porovnávat minimální a maximální hodnoty, či porovnávání s průměrnou hodnotou naměřené výšky textilie. Lze však využít i plochy pod materiálem, která taktéž určuje míru zmačkání textilního vzorku.

Stejně jako nad vyhodnocováním mačkovosti textilie, lze uvažovat o možnostech jednotného zmačkání vzorků.

6. Závěr

V první části práce jsou shrnuty poznatky o možnostech deformací plošných textilií. Podrobněji jsou rozebírány možnosti hodnocení mačkovosti plošných textilií a popsány metody jejího měření.

Na základě získaných poznatků těchto metod byla v druhé části práce navržena alternativní metoda snímání deformací textilií, která se snaží vyvarovat největším chybám, kterých se dopouští dosud dostupná měřicí zařízení.

Navrhovaná metoda je založena na principu snímání vzdálenosti měřeného předmětu od laserového snímače vzdálenosti.

Laserový paprsek je veden kontrolovaným pohybem, realizovaným pomocí lineárního pohonu, složeného z jednoduchých krokových motorů a lineárních posuvů. Pomocí navrženého softwarového vybavení jsou v každém místě pohybu zasílána data z Laserového snímače na počítač, kde jsou dále zpracovávána a vyhodnocována. Výsledkem je přesná kopie snímaného vzorku textilie v elektronické podobě. Získaný 3D model lze dle vlastní potřeby dále upravovat a vyhodnocovat.

Funkce měřicího zařízení byla ověřena na měření několika předmětech různorodých tvarů, včetně vzorků zmačkaných textilií.

Velkou výhodou navrženého měřicího zařízení oproti ostatním dosud dostupným metodám je bezesporu jeho nezávislost na intenzitě okolního světla a jednoduchost ovládání.

Pro další vývoj by bylo vhodné zrychlit a lépe upevnit celé měřicí zařízení. Dále pak rozšířit softwarovou část o kompletní vyhodnocování měření mačkovosti. Doporučení pro další vývoj měřicího zařízení jsou podrobněji rozebrána v předešlé kapitole. (5.5).

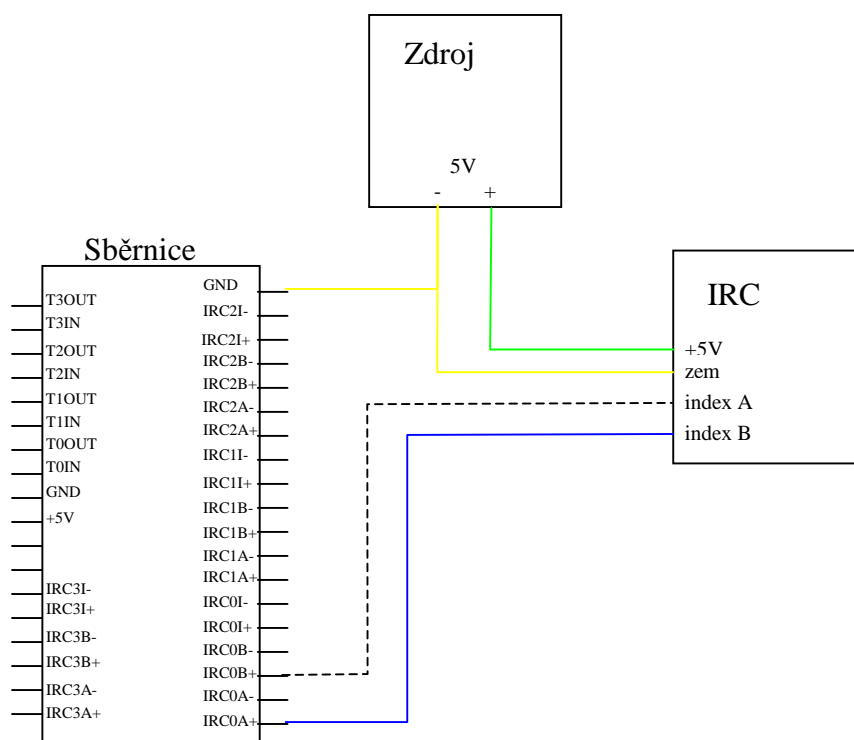
Seznam použité literatury:

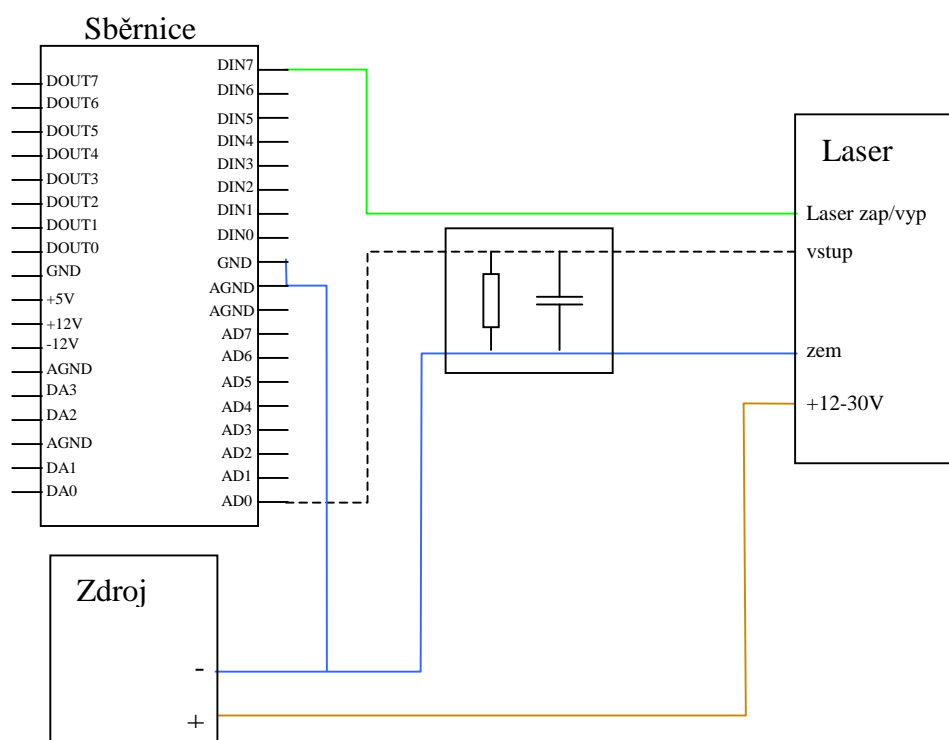
- [1] Staněk, J. - Kubíčková, M.: Oděvní materiály. Skriptum VŠST. Liberec 1986.
- [2] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech I. část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií. Skriptum VŠST. Liberec 1988.
- [3] Sborník ze semináře. Zkoušení textilií. Technické museum v Brně 1985
- [4] Piller, B. – Levinsky, O.: Malá encyklopedie textilních materiálů. SNTL Praha 1982
- [5] Mlčochová, A.: Hodnocení mačkovosti košilovin. Diplomová práce VŠST Liberec 1985
- [6] Militký, J.: Textilní vlákna. Skriptum VŠST Liberec 1995
- [7] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií. Skriptum VŠST Liberec 2003
- [8] Kryštůfek, J. - Machaňová, D. - Odvážka, J. - Prášil, M.: Technologie zušlechťování, Skriptum VŠST Liberec 2002
- [9] Pecháček, F. – Jankovský, J.: Zkoušení textilií pro 4.ročník SPŠ textilních SNTL Praha 1984
- [10] Drdlová, P.: Porovnání metod pro hodnocení mačkovosti textilií. Diplomová práce VŠST. Liberec 1993.
- [11] ČSN 80 0820 (EN 22313): Zjišťování mačkovosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení.
- [12] ČSN 80 0871.: Stanovení mačkovosti pomocí dutého válce.
- [13] Zamprová, P.: Hodnocení mačkovosti pomocí obrazové analýzy Lucia. Bakalářská práce VŠST. Liberec 2001
- [14] Wira. The Recovery of Wool Fabrics from Creasing. In Sborník odborných článků Handbook 11. Section 4. 1974.
- [15] Laird, W., Weedall, P. J. The Measurement of Creasing on Patterned Fabrics. Journal of The Textile Institute, 1994, č. 1, s. 29-34.

- [16] Moderasz, Š.: Návrh zařízení na měření úhlu mačkovosti plošných textilií. Diplomová práce VŠST Liberec 1983
- [17] Haasz, V. – Roztočil, J. – Novák, J.: Číslicové měřicí systémy. Skriptum ČVUT Praha 2000
- [18] Humusoft : Uživatelský manuál – Měřicí karta MF614
- [19] Microcon: Uživatelský manuál – Kontroler pro krokový motor M1486, přístupné na www.microcon.cz
- [20] Ďaďo, S.- Kreidl, M.: Senzory a měřicí obvody. Skriptum ČVUT Praha 1999
- [21] Mikrospínače: http://www.atecom.cz/H_sensing/mikroba.htm
- [22] Banner: Uživatelský manuál - <http://info.bannersalesforce.com/xpedio/groups/public/documents/datasheet/59786.pdf>
- [23] Heringová, B. - Hora, P.: Matlab - uživatelský manuál, díl 1. Západočeská Univerzita v Plzni, Institut technologie a spolehlivosti, Plzeň 1994

Příloha č.1

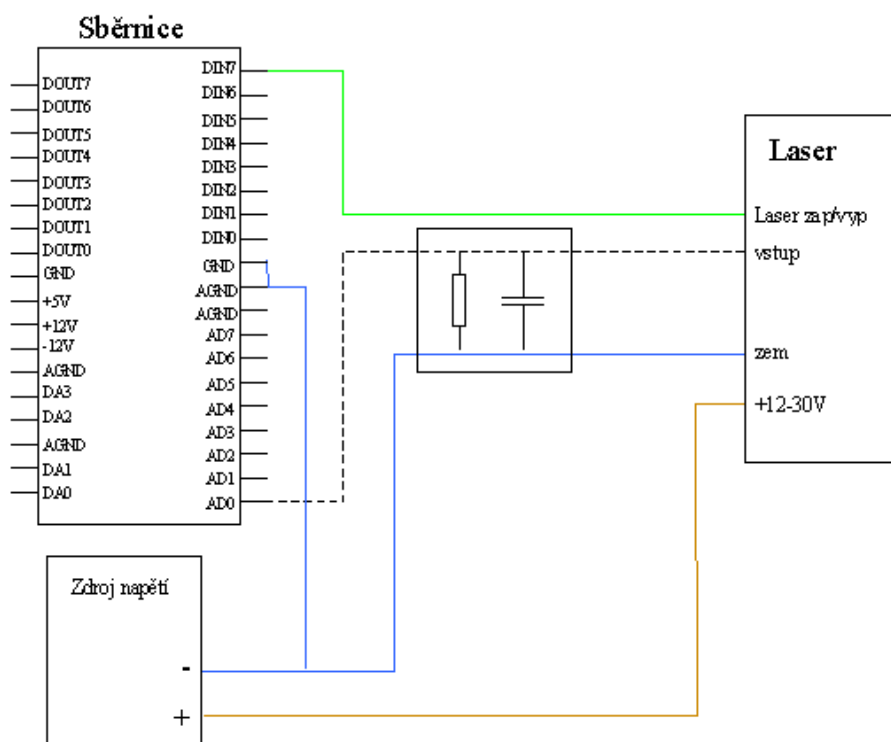
Schéma zapojení inkrementálního snímače





Příloha č.2

Schéma zapojení laserového snímače



Příloha č.3

Zdrojové kódy pro řízení měřícího zařízení

Hlavní řídicí program – „snimani“

```
close all; clear all; % rtunload;
```

```

y=0; z=0; t=0; yy=0; m=0; v=0; t=0; g=0;L=0;
VV=[]
motorky          %spusteni podprogramu pro rizeni krokovych motoru
sim('snim'); snimů %spusteni podprogramu pro snimani jednotlivych velicin
save vse vse
z=vse(:,2);
y=vse(:,1);
N=length(z);
zz=z;

while t<=N          %osetreni pocatku snimani
    t;
    if t>=10
        if (z(t) < z(t-1)) & (z(t-1) == z(t-2))    %podminka pohybu
            if (z(t-10)>z(t+2))
                yy=y(1:t);
                y([1:(t-2)],:)=[];                    %odecteni pouzitych dat
                z([1:(t-2)],:)=[];
                yy=[];
                t=N+1;
            end
        end
    end
    t=t+1;
end
t=1;
aktualnipozice = 1;
while (t<=N) & (aktualnipozice <= N)
    t;
    if t>=30
        %podminka pokud je konec
        if (z(t) < z(t-1)) & (z(t-1) == z(t-2)))    %podminka pohybu
            if ((z(t)-10)>z(t+2))
                yy=y(1:t);
                t;
                L=L+1;
                if L==2
                    yy=flipud(yy);
                    L=L-2;
                end
                m=size(VV,2);                    %velikost matice
                v=length(yy);                    %velikost vektoru
                if m > 0
                    if v >= m                    %porovna a vyrovna delky matice a
vektoru
                        yy=yy(1:m);
                    elseif m > v
                        VV=VV(:,1:v);
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

VV=[VV;yy'];
y([1:(t-2)],:)=[];
z([1:(t-2)],:)=[];
yy=[];
t=2;
N=length(z);
if (N)<=m, break, end
end
end
end
t=t+1;
aktualnipozice=aktualnipozice+1;
end
pr=prepocet(VV)
figure
mesh(pr);grid on;title('namerena data');zlabel('mm'); % vykresleni namerenych hodnot
f1=filtr2(VV',0.05)
f2=filtr2(f1',0.05)
figure
mesh(f2); grid on; title ('filtrovany vzorek') % vykresleni filtrovaniych hodnot

```

Podprogram pro řízení krokových motorů – „motorky“

```

com=serial('com2');
fopen(com)
set(com,'BaudRate', 4800,'Parity','even')
get(com);
fwrite(com,'\')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'XG')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'S800')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'V800')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'A800')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,')1')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'L25')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'XF')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'B100000')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'R')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'C18')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'O3')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,')1')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'T18')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'E')
fwrite(com,char(13))

```



```
pause(1)
fwrite(com,'L24')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'X1')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'O3')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'B2000')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'R')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'C18')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'Z3')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'R')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'E')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'XF')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'B64000')
fwrite(com,char(13))
pause(1)
fwrite(com,'R')
fwrite(com,char(13))
fclose(com)
```

Funkce pro přepočet výšky vzorku na skutečné souřadnice v mm

```
function [souradnice] = prepocet(mat)
c = size(mat,1);
d = size(mat,2);
souradnice = zeros(c,d);

dif=min(mat)
odecet=min(dif)

for i = 1:c
    for j=1:d
        souradnice = mat - odecet;
    end
end
souradnice=souradnice*10
```

Funkce pro filtrování dat

```
function [result] = filtr2(matice,offset)
a = size(matice,1);
b = size(matice,2);
result = zeros(a,b);

i = 1;
while i <= a
    j = 1;
    while j <=b
        if j == 1
            old = matice(i,j+2);
        else
            old = matice(i,j-1);
        end
        if j < b
            next = matice(i,j+1);
        else
            next = matice(i,j-2);
        end

        if (abs (matice(i,j) - ((old+matice(i,j)+next)/3))<= offset)
            result(i,j) = ((old+matice(i,j)+next)/3);
        else
            result(i,j) = matice(i,j);
        end
        j=j+1;
    end
    i=i+1;
end
```

